Grundriss

der

Theorie und Praxis

der

Schattenprobe

(Skiaskopie)

Mit einer Reihe von Abbildungen.

Gleichzeitig Erläuterung zu den

„Tafeln und Phantomen zur Skiaskopie“

von

Dr. Otto Neustätter

Augenarzt in München.



München.

Verlag von J. F. Lehmann.

1900.

Anatomie.

Arbeiten aus dem anatomischen Institute zu München. Herausgeg. von **K. v. Kupffer und N. Rüdinger.** (Münchener med. Abhandlungen VII. Reihe). 8°.

Heft 1: Utschneider, A., Lendcnnerven der Affen und der Menschen. 1892. 32 S. Mit 1 Tafel. M. **1.—.**
Heft 2: Tettenhammer, Ueber offene Schlundspalten bei e. menschl. Embryo. 34 S. Mit 12 Abbild. M. **1.—.**
Heft 3: Höfer, W., Vergleichend-anatomische Studien über die Nerven des Armes und der Hand beim Menschen und bei dem Affen. 1892. 106 S. Mit 6 Tafeln. M. **4.—.**
Heft 4: Kupffer, K. v., Ueber die Entwicklung von Milz und Pankreas. 17 S. Mit 7 Abbildungen. 1892. M. **1.—.**
Heft 5: Kupffer, K. v., Ueber das Pankreas bei Ammocoetes. 24 S. mit 7 Abbildungen. 1893. M. **1.—.**
Heft 6: Kuithan, D. W., Die Entwicklung des Kleinhirns bei Säugetieren. 1895. 40 S., 24 Abbild. M. **1.60.**

Boegle, K., Die Entstehung und Verhütung von Fussabnormitäten. 139 Seiten. Mit 39 Abbildungen. 1893. Broschiert. M. **4.—.**

Boegle, Dr. K., Die Entstehung organischer Formen. 1895. gr. 8°. 18. S. Text mit 40 Abbildungen. M. **1. 20.**

Herzog, Privatdoc. Dr. W., Die Rückbildung d. Nabels und d. Nabelgefässe, m. Berücksichtig. d. Pathogenese der Nabelhernien. Eine anat.-histol. Unters. 1892. gr. 8°. 48 S. m. 8. T. M. **6.—**

Kupffer, K. v., Studien zur vergleichenden Entwicklungsgeschichte des Kopfes der Kranioten.

Lieferung 1.: Entwicklung des Accipenser Sturio. Mit 10 lithograph. Tafeln. Gr. 8°. 1893. Broschiert. M. **10.—.**
Lieferung 2.: Entwicklung des Kopfes von Ammocoetes Planeri. Mit 12. lithogr. Tafeln. Gr. 8°. 1894. M. **10.—.**
Lieferung 3.: Entwicklung der Kopfnerven von Ammocoetes Planeri. 1895. Mit 48 Abbild. Gr. 8°. M. **8.—.**

Das ganze Werk erscheint in zwanglosen Heften: jährlich gelangt 1 Heft zur Ausgabe.

Jedes Heft bildet für sich ein abgeschlossenes Ganzes.

Plessen, J. v. und **J. Rabinowicz**, Die Kopfnerven von Salamandra maculata im vorgerückten Embryonalstadium. 20 Seiten mit 4 colorierten Tafeln. 4°. 1891. Brosch. M. **5.—.**

Schäffer, O., Untersuchungen über die normale Entwicklung der Dimensionsverhältnisse des fötalen Menschenschädels mit bes. Berücksichtig. d. Schädelgrundes und s. Gruben. 4°. 1893. 51 S. mit 50 Abbildungen und Tabellen. M. **7.—.**

Dr. A. Schmitt, Die Fascienscheiden und ihre Beziehungen zu Senkungsabscessen. 122 S. 8°. 2 Tafeln. M. **4.—.**

Grundriss
der
Theorie und Praxis
der

Schattenprobe
(Skiaskopie)

mit einer Reihe von Abbildungen.

Gleichzeitig Erläuterung zu den

„Tafeln und Phantomen zur Skiaskopie“

von

Dr. Otto Neustätter
Augenarzt in München.



München.
Verlag von J. F. Lehmann.
1900.

Vorwort.

Das vorliegende Werkchen sollte ursprünglich nur eine Beschreibung der zugehörigen Tafeln und Phantome werden. Um aber demjenigen, der es zur Hand nimmt, etwas Abgeschlossenes zu bieten, hielt ich es doch für richtig, eine zusammenfassende Darstellung des ganzen Gebietes zu geben, obgleich Monographieen schon in französischer, englischer, italienischer, russischer und — Fick's trefflich klar geschriebenes Werkchen: „die Schattenprobe" — auch in deutscher Sprache existieren.

Die Schilderung der Tafeln und Phantome nimmt einen relativ noch immer breiten Raum ein; es sollte eben auch dem Anfänger die Möglichkeit gegeben werden, ohne viel Voraussetzungen durch Selbststudium dieselben und damit auch die skiaskopischen Vorgänge gründlich verstehen zu lernen. Dem Bedürfnis nach einer knappen, übersichtlichen Darstellung habe ich durch die Zusammenfassung auf Seite 19 und 44 Rechnung getragen. Namentlich aber hoffe ich, dass die Phantome besser als Worte und Zeichnungen die Vorgänge veranschaulichen werden.

Ueber die praktische Ausführung der Refractionsbestimmung habe ich mich kurz gefasst, da dieselbe leicht nach einigen Versuchen erlernt werden kann.

Möge die Arbeit beitragen zur weiteren Verbreitung eines gründlichen Verständnisses für die Theorie der Skiaskopie und zu einer Klärung der noch merkwürdig divergierenden Anschauungen über dieselbe. Dann wird diese Methode der Refractionsbestimmung, die trotz ihrer Vorzüge bisher in Deutschland auffallend wenig geübt wird, immer mehr Anhänger auch bei uns sich erwerben.

München, März 1900.

Dr. Neustätter.

Inhalt.

A. Das Wesen der Schattenprobe und ihr Name.

Wenn man in ein Auge mittels Augenspiegels in einer Entfernung, wie sie für das umgekehrte Bild üblich ist, Licht wirft, so leuchtet dessen Pupille auf. Achtet man näher auf diese Erleuchtung, so zeigt es sich dass sie entweder eine totale oder partielle ist. Ist die Pupille zuerst ganz erleuchtet und man dreht dann den Augenspiegel z. B. nach rechts, so sieht man (ausser in ganz bestimmten Fällen) von der rechten oder von der linken Seite Dunkelheit das Licht verdrängen. Ist die Pupille schon vorher nicht ganz erleuchtet, so sieht man die helle Partie entweder nach rechts oder nach links wandern. Dieses scheinbar regellose Spiel von „Licht und Schatten" genauer beobachtet und auf seine wesentliche Ursache: die Refraktion zurückgeführt zu haben, ist das Verdienst Cuignets (1873), der allerdings das Wesen der Erscheinungen verkannte, wie der Name Keratoskopie zeigt, den er dem Verfahren gab. Die Theorie wurde, nachdem Landolt schon die prinzipiell richtige Deutung der Vorgänge gegeben, von Parent in allen wesentlichen Punkten festgelegt. Dieser wies auch auf eine Bemerkung Donders' hin, dass Bowmann diesen „Schatten" ausser zur Entdeckung von Hornhautconus auch zum Nachweis von regulärem Astigmatismus und seiner Meridiane benützte. Einen Ueberblick über die weiteren Arbeiten gibt das Literaturverzeichnis bei Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik, und hier am Ende.

Der auch im Folgenden benützte Namen: Skiaskopie geht auf Chibret zurück, der von Fantoskopie retinienne, später von Skiaskopie sprach, nachdem Pristley-Smith den ersten Ausdruck anglisiert hatte in shadow-test, entsprechend der späteren Verdeutschung Pflügers in „Schattenprobe“. Schweigger sprach unter Berücksichtigung des Lichtes von Beleuchtungsprobe. Es kommt schliesslich auf das Gleiche heraus, ob man auf das Licht oder den Schatten den Ton legt, beachtet wird immer die Grenze zwischen ihnen. Da wir aber das Leuchten der Pupille als das Normale voraussetzten, wenn wir mit dem Augenspiegel Licht in sie werfen, so wird der Schatten als das Auffallendere die Aufmerksamkeit auf sich lenken. Deshalb, wegen seiner Kürze und seiner grösseren Sinnfälltigkeit hat sich wohl auch der Name Schattenprobe, Skiaskopie, Shadow-test am meisten eingebürgert.

Ueber das Wesen der Erscheinungen liegt in diesem Namen allerdings nichts. Dem trägt Parents Bezeichnung Retinoskopie mehr Rechnung. Landolt sprach von Pupilloskopie. Wollte man wirklich das Richtige treffen, so müsste man von Pupillo-Retinoskopie sprechen. In diesem Namen wäre das Hauptsächliche eingeschlossen: nämlich dass wir die Vorgänge auf der Netzhaut des Untersuchten durch dessen Pupille sehen, während wir diese fixieren. Auf letzteren Punkt muss das grösste Gewicht gelegt werden.

Nun wäre nur festzulegen, welches die Vorgänge auf der Netzhaut des Untersuchten sind. Das Wesentliche ist folgendes: es wandert thatsächlich auf ihr ein mehr oder minder grosses helles Feld und, wo dieses aufhört, schliesst sich ihm Schatten an. Da wir diese Bewegung nicht direkt, sondern durch die Linse des Un. Auges beobachten, so wird sie je nach der Entfernung der Netzhaut von dieser verschieden erscheinen. Denn wenn wir z. B. eine Nadel weit hinter einer Linse bewegen, scheint sie sich entgegengesetzt zu bewegen, wie sie wirk-

lich bewegt wird; dagegen nahe hinter der Linse ist die Scheinbewegung mit der wirklichen gleichgerichtet. Wir können also aus der scheinbaren Bewegung des optischen Bildes auf die Lage des Objektes (Netzhautfläche) zur Linse d. h. auf die Refraktion Schluss ziehen. Nebenbei tritt noch ein Faktor in Wirksamkeit; wir sehen den Schatten nicht scharf, sondern in Zerstreuungsbildern, da wir nicht die Netzhautebene, sondern die Pupille fixieren, und zwar in um so stärkeren Zerstreuungskreisen, je weiter Pupille und scheinbarer Netzhautort von einander entfernt sind.

Die Bewegung der optischen Bilder macht sich natürlich objektiv geltend auf unserer Netzhaut. Ihre Projection nach aussen gibt dann die scheinbare. Beide sind bei gleichbleibender Entfernung, Fixation der Pupille des Unt. und gleichbleibendem Spiegel nur von der Refraktion des Unt. abhängig. Dieser Zusammenhang zwischen Refraktion und Bewegung der optischen Bilder ist die Grundlage der Skiaskopie, die als Methode der Refraktionsbestimmung den grossen Vorteil hat, dass ihr Kriterium, ob die Bewegung in der einen oder anderen Richtung erfolgt, ein sehr einfaches ist, während erfahrungsgemäss die Grundlage der sonstigen Refraktionsmethoden, die Schärfe des Netzhautbildes, dem Beobachter nicht ohne grössere Uebung zugänglich ist.

B. Darstellung und Erläuterung der skiaskopischen Vorgänge durch Experimente, Konstruktionen und Phantome.

Weniger leicht als die Darlegung, was die Skiaskopie ist, gestaltet sich die Darstellung der Vorgänge im einzelnen und die Vorstellung davon, wie die so einfache Erscheinung der gleich- oder entgegengesetzt gerichteten Schattenbewegung zu stande kommt.

Wir haben dabei vor allem folgendes zu erklären:

1. Weshalb wandern Licht und Schatten bei gleichbleibendem Spiegel für Myopie entgegensetzt wie für Hyperopie?
2. Weshalb bei gleicher Refraktion für Planspiegel und Konkavspiegel entgegengesetzt, obgleich auf dem Gesicht des Unt. der Lichtreflex für beide gleich wandert?
3. Welches ist der Punkt, in dem der Umschlag der Bewegung zwischen Myopie und Hyperopie erfolgt?

Neben diesen Cardinalfragen treten noch eine Reihe anderer auf: z. B. die nach der Form, Geschwindigkeit, Intensität und Ausdehnung des Schattens. Alle diese Fragen sollen im Laufe der folgenden Untersuchung beantwortet werden.

Ueberblicken wir zunächst, wie der Vorgang im grossen und ganzen erfolgt: von der Flamme fallen Strahlen auf den Spiegel, von hier werden sie auf das untersuchte Auge reflektiert, in das ein Teil von ihnen durch die Pupille eindringt und einen gewissen Bezirk erleuchtet; von diesem strahlt wieder Licht diffus zurück, ein Teil tritt durch die Pupille und geht divergierend oder konvergierend weiter. Von diesen Strahlen gelangt wiederum ein Teil, soweit es die geradlinigen Verbindungen zwischen den beiden Pupillen*) ermöglichen, ins Auge des Beobachters und erzeugt auf dessen Retina ein Bild des beleuchteten Bezirks des Un. Auges. Dieses ist, wie schon erwähnt, ein Zerstreuungsbild, da Be. auf die Pupille, nicht die Netzhaut des Un. eingestellt ist.

Dieser Gesamtverlauf lässt sich ungezwungen in zwei Phasen zerlegen:

1. Gang der Strahlen von der Flamme über den Spiegel bis zur Netzhaut des Un. = Eintretende Strahlen.

*) An Stelle der Pup. des Be tritt das Spiegelloch, sofern es nicht viel grösser ist als jene.

2. Gang der Strahlen von dem so beleuchteten Bezirk des Un. Auges zurück bis zur Netzhaut des Beobachters = Austretende Strahlen.

Dementsprechend sind die Konstruktionen auf der Tafel ausgeführt.

Auch die Phantome zeigen getrennt die Spiegelkonstruktionen und die Konstruktion der zurückkehrenden Strahlen; erstere sind für Hy. und My. gemeinsam, aber für Plan- und Konkavspiegel gesondert; jedes dieser beiden kann auf die folgenden (Gang der austretenden Strahlen bei Myopie resp. Hyperopie) gelegt werden und so der Zusammenhang zwischen Spiegeldrehung, Bewegung des beleuchteten Bezirkes auf der Unt.-Netzhaut und dessen Bildes auf der Be. Netzhaut direkt gesehen werden.[1])

I. Eintretende Strahlen.

1. Experiment.

Führen wir uns zunächst durch ein einfaches Experiment den Vorgang bei der Beleuchtung des Un. Auges vor. Wir nehmen einen konkaven Augenspiegel und irgend eine Linse etwa die im Etui befindliche. Um nicht zu andersartige Verhältnisse gegenüber dem Auge zu bekommen, wollen wir auf sie eine Papierblende von etwa 1 cm Durchmesser aufkleben. Nun halten wir die Linse vor einen weissen Schirm. Dieser stelle die Un. Netzhaut dar und wir betrachten die Vorgänge auf ihm direkt nicht durch die Linse. Die Linse werde so nahe gehalten, dass eine stärkere Hyperopie dargestellt ist; so erhalten wir auf dem Papier bei Beleuchtung der Linse einen mehr oder minder kreisförmigen, hellen Fleck, umgeben von einem ringförmigen Schatten, der wieder von einem unscharfen, hellen Ring umgeben ist. Entfernen wir die Linse allmählich immer weiter vom Schirm, so wird zunächst der helle Fleck kleiner, dann wird das scharfe Bild des Spiegels, seines Loches und in ihm das schon deutlich erkennbare Flammenbild sichtbar. Weiterhin wird ersteres ganz scharf, die Konturen des Spiegels dagegen wieder verwaschen, allmählich wird auch das Kerzenbild verschwommen und nimmt immer mehr Kreisform an. Drehen wir bei dieser Stellung (Myopie) den Spiegel langsam, z. B. nach rechts, so bemerken wir, allerdings nur bei genauem Zusehen, dass der helle innere Kreis und der angrenzende Schatten-

---

[1]) Der neutrale Punkt lässt sich nicht exakt konstruieren, ist deshalb nicht als Phantom gebracht.

ring im ganzen etwas nach links, der äussere Schein dagegen nach rechts wandert; schliesslich wandert ein Schatten von rechts nach links über das vorher erleuchtete Feld. Dieser Schatten, der viel auffallender ist und viel Aehnlichkeit hat mit dem beim Skiaskopieren gesehenen ist in Wirklichkeit der „falsche Schatten"; jener erst erwähnte Schattenring der wahre Schatten." Dies wird aus dem gegenwärtigen Experiment nicht ohne weiteres klar; wohl aber, wenn wir bei gleicher Linsenstellung einen Planspiegel verwenden. Denn dann wandert die helle innere Kreisfläche und der angrenzende Schatten nicht mehr wie vorher in entgegengesetzter, sondern in gleicher Richtung wie der Spiegel, der äussere helle Schein und der „falsche" Schatten dagegen eben so wie dort, von rechts nach links. Nun wissen wir aus der Erfahrung, dass der skiaskopisehe Schatten für beide Spiegel entgegengesetzt wandert; dem entspricht aber nur jener nicht dieser Schatten; also kann ersterer nicht der wahre sein. Dies geht ausserdem auch noch aus dem Folgenden hervor.

Geht man nämlich nun unter Beibehaltung des Planspiegels mit der Linse aus der Myopiestellung näher an den Schirm heran so erscheint das Spiegelbild, weiterhin das Flammenbild, und wenn wir nun zur Ausgangsstellung (Hyperopie) gelangt den beibehaltenen Planspiegel drehen, dann wandert der innere lichte Kreis und der wahre Schatten immer noch in gleichem Sinn mit der Spiegeldrehung; der falsche Schatten aber jetzt ebenfalls gleichsinnig, d. h. er schlägt die entgegengesetzte Richtung ein wie vorher bei Myopie. Erfahrungsgemäss erscheint nun bei Hyperopie und Myopie der Schatten entgegengesetzt; dann muss die wirkliche Bewegung sich immer gleich bleiben (s. o.). Dem entspricht nur der die innere Lichtfläche eingrenzende Schatten. Also kann nur er der wahre sein. Nehmen wir nun nochmal den Konkavspiegel, dann wandert der eine Schatten entgegengesetzt (ebenso wie bei Myopie); der andere gleichgerichtet (entgegen der Bewegung bei Myopie aber gleich der bei Planspiegel) wie der Spiegel. Es kann wieder nur der erstere der wahre sein.

Wir haben hiemit den experimentellen Nachweis geliefert, dass bei der Durchleuchtung einer Linse*) mittels eines Spiegels eine von Schatten umgebene erleuchtete Stelle entsteht. Diese variiert in ihrer Form von dem scharfen Bild der Flamme bis zur kreisförmigen Fläche und verschiebt sich bei Bewegung des Spiegels, ebenso wie der sich ihr

*) Die künstlich geschaffene Iris hat keinen wesentlichen Einfluss. Nimmt man eine Linse von 1 cm Durchmesser, so erhält man dieselben Konturen, nur der Schattenring wird schmäler.

anschmiegende Schatten, unabhängig von der Refraktion, ferner im gleichen Sinne, wie die Spiegeldrehung erfolgt, wenn der Spiegel plan, im entgegengesetzten Sinne, wenn der Spiegel konkav ist. Ausser diesem wahren tritt stets noch (bei genügend weitem Drehen des Spiegels) der falsche Schatten auf, welcher für die beiden Spiegelarten gleiche Bewegung zeigt, dagegen für Myopie stets entgegengesetzt, für Hyperopie gleichgerichtet mit der Spiegeldrehung verläuft.

Während nun von vornherein diese Wanderung des falschen Schattens in Uebereinstimmung mit der Spiegeldrehung als etwas ganz natürliches erscheint — wandert doch auch das durch die Spiegel auf einer Wand erzeugte Lichtfeld und der ihm folgende Schatten für beide immer in gleicher Richtung — ist es nicht so leicht zu begreifen, weshalb der „wahre Schatten“ für Plan- und Konkavspiegel entgegengesetzt wandert; denn das Lichtfeld auf der Wand zeigt weder in Form noch Wanderung von vornherein eine Verschiedenheit.

In der Konstruktion wird uns diese Erscheinung durch die Spiegelbilder klar werden; doch brauchen wir nicht auf sie vorzugreifen, vielmehr zeigt uns ein einfaches Experiment, weshalb der Gegensatz existiert, der folgerichtig zuerst für den gesamten Strahlengang dargelegt werden muss, da dieser ja auch die entgegengesetzte Wanderung der Spiegelbilder selbst bedingt.

Schieben wir nämlich bei einem Planspiegel z. B. den Finger von unten her auf seine Fläche, so erscheint auf der reflektierten Lichtfläche auch von unten her eine dunkle Stelle. Wollen wir in dem gleichartig aussehenden Lichtfeld beim Konkavspiegel von unten her die dunkle Stelle erhalten, so müssen wir den Finger von oben herüber schieben. In dem Lichtfeld rühren also beim Planspiegel die unteren Strahlen auch vom unteren Teil desselben her. Beim

Konkavspiegel dagegen vom obern. Drehen wir nun beide Spiegel von einer Stellung, wo beidesmal das durch den dunklen Lochschatten kennbare Lichtfeld-Zentrum auf das Linsenzentrum fällt, von oben nach unten so weit, dass der obere Lichtfeld-Rand gerade an den oberen Linsenrand anstösst, während sein unterer Teil über diesen hinabragt, so würde beim Planspiegel ein Vorschieben des Fingers von oben her wohl, von unten her dagegen keine Wirkung auf das die Linse deckende Lichtfeld haben. Beim Konkavspiegel wäre es gerade umgekehrt. Während nun zuerst auf die Linsenöffnung in beiden Fällen ein von den zentralen Partien des Spiegels kommender Lichtkegel auftraf, ist bei gleicher Drehung der Spiegel und Wanderung des Lichtfeldes auf der Linse (nach unten) das Ende des Lichtkegels auf dem Planspiegel nach oben gewandert, auf dem Konkavspiegel*) nach unten (exakter gesagt die Strahlen, welche in die Linsenöffnung eintreten, kommen von unteren resp. oberen Teilen des Spiegels.) Nun muss ein Lichtkegel, der vor der Linse nach oben wandert, hinter ihr nach unten wandern. Denn wenn wir uns von irgend einem der Punkte, von denen die betr. Strahlen ausgehen, einen durch den Knotenpunkt gehenden Strahl vorstellen und jener Punkt wandert mit dem Kegel nach oben, so wird der von ihm durch den Knotenpunkt gehende Strahl, da der Knotenpunkt unverändert bleibt, vor demselben höher, hinter demselben aber tiefer liegen als der vom gleichen Punkt in seiner früheren tieferen Lage gedachte Knotenpunktstrahl. Da von jedem Punkt nach der Brechung alle von ihm ausgehenden Strahlen auf der Knotenlinie sich wieder vereinen, ist die Bewegung dieser massgebend für alle Strahlen; sie werden immer sich an die Knotenlinie halten. — Da wir nur den einen Knotenpunkt haben: so wird auch die Bewegung des Gesamtlichtfeldes nach

---

*) Sofern von Konkavspiegel gesprochen, ist immer angenommen, dass sein Spiegelbild vor dem Unter-Auge liegt.

der Brechung von der Refraktion unabhängig sein. Die innere Strahlen-Anordnung des beleuchteten Feldes dagegen wird differieren (und mit ihr der falsche Schatten, da er mit dieser zusammenhängt).

Wir können also die für Plan- und Konkavspiegel entgegengesetzte Licht- und Schattenbewegung nach der Brechung dadurch erklären, dass, bei gleicher Drehung, die Reflexion der von der Lichtquelle kommenden Strahlen so erfolgt, dass dieselben beim Planspiegel von den der Drehungsrichtung entgegengesetzt liegenden, bei Konkavspiegel von gleichnamig gelegenen Teilen des Spiegels auf die Linse treffen, so dass dieser Lichtkegel in seinem auf dem Spiegel gelegenen Ende bei beiden entgegengesetzte Bewegungen macht.

Da aber in beiden Fällen die Neigung der gesamten Spiegelfläche zur Lichtquelle bei gleicher Drehung im gleichen Sinne zu- oder abnimmt, muss die Bewegung der reflektierten Strahlenkegel an sich in beiden Fällen gleichgerichtet sein, wenn auch ihre innere Anordnung eine entgegengesetzte ist.

2. Konstruktion.

So erklärt sich der Gegensatz zwischen der Bewegung des Beleuchtungsfeldes und des Schattens für Plan- und Konkavspiegel schon unter Berücksichtigung allein der Momente, die wir uns experimentell vorführen können.

Einen genaueren Einblick erhalten wir jedoch erst durch die Konstruktion des Strahlenganges, wie sie die Wandtafel ausführlich gibt.

Da ich die Konstruktion der Spiegelbilder und der von einer Linse entworfenen scharfen Bilder als bekannt voraussetzen darf, ist es nur nötig, auf einige Eigenschaften der Zerstreuungsbilder näher einzugehen, da wir weiterhin immer wieder mit ihnen zu thun haben werden. (cf. hiezu Fig. 1 u. 2.)

Bemerkungen über Zerstreungsbilder.

Wenn die Fläche, auf welcher wir ein durch eine Linse entworfenes Bildchen auffangen, „konjugiert“ zu dem Objekt steht, so erhalten wir ein scharfes Bildchen. Steht die Fläche näher oder weiter von der Linse ab, dann wird das Bild unscharf erscheinen; wir erhalten dann „Zerstreuungsbilder“.

In Fig. 1 sehen wir, wie ein solches Zerstreuungsbild konstruiert wird. Wenn b_1 a_1 das konjugierte Bild von B_1 A_1 ist — gefunden, indem wir durch K die Knotenlinien B_1 K b_1 und A_1 K a_1 auf die als gegeben vorausgesetzte Ebene b_1 a_1 ziehen — so erhalten wir auf einer Ebene, die wir z. B. zwischen b_1 a_1 und der Linse in Hy—Hy einschieben, ein Zerstreungsbild von A_1 B_1. Der Strahlengang von p und P aus wird hiebei nicht geändert. Folglich wird von p nach b_1 und P nach a_1 je ein Strahl gehen, der offenbar die Grenze des Zerstreuungsbildes abgibt. Nennen wir ein solches vor dem konjugierten Bild gelegenes Z.-Bild ein +, so können wir sagen, es wird seine Grenze gegeben durch die von den Pupillenkanten zu gleichseitigen Enden des konjugierten Bildes gezogenen Strahlen. Liegt aber die Ebene, auf der wir das Bild auffangen, hinter dem konjugierten Bild (— Z.Bild) so sind seine Grenzen offenbar nicht mehr durch jene, sondern durch die von den Pupillenkanten zu entgegengesetzten Bildenden gezogenen und über diese hinaus verlängerten Strahlen(p a^1; P b^1) gegeben. Stellen wir uns A_1 B_1 als Flamme oder als einen von hinten erleuchteten Spalt vor, so werden wir in a_1 b_1 ein helles scharfes Bild von der Form der Flamme resp. des Spaltes, in My—My oder Hy—Hy dagegen einen mehr minder verschwommenen hellen Fleck erhalten, der sich immer mehr der Kreisform — kreisförmige Pupille vorausgesetzt — nähert, je mehr My oder Hy von b_1 a_1 entfernt sind. Denn, wenn das Bild in einer Richtung sogar nur punktförmige Dimension hätte, würde ein solcher Punkt z. B. a_1 auf Hy wie auf My

einen breiten Raum erleuchten. Die auf a^1 zustrebenden Strahlen, die zwischen p a_1 und P a_1 liegen, haben sich eben noch nicht vereint oder sind schon wieder auseinander gefahren.

Nachdem wir so die Konstruktion eines Zerstreuungsbildes kennen gelernt, müssen wir noch einige Beobachtungen über ihr Verhalten unter den 3 folgenden Umständen anstellen, um die Vorgänge beim Skiaskopieren zu überblicken. Es frägt sich: welches sind die Veränderungen, welche ein Zerstreuungsbild erleidet, wenn

1) die Linse oder — da sie die Basis für die sämtlichen zu einem Punkt z. B. a_1 strebenden Strahlen also auch für die zugehörigen Zerstreuungskreise bildet — die Basis der Zerstreuungskreise zum Teil abgeblendet wird (cf. Fig. 1.);
2) wenn das Objekt A_1 B_1 sich a.) verschiebt oder b.) zum Teil abgeblendet wird (cf. Fig. 2.);
3) wenn die Strahlen zwischen Objekt und Linse abgeblendet oder in ihrem Gang aufgehalten werden (cf. Fig. 1 u. 2 u. d. Tafeln).

Fall 1.

Wenn die Linse p P z. B. bis K abgeblendet wird, sehen wir keinerlei Einengung an dem scharfen Bild b^1 a^1 auftreten. Ja wir können sie bis auf einen Punkt (in der Mitte oben oder unten) abblenden und es würde seine Ausdehnung sich nicht ändern. Denn von jedem Punkt des Objektes gehen zu jedem Punkt der Linse und von jedem solchen zu allen Punkten des Bildes Strahlen. Ganz anders beim Zerstreuungsbild. Hier wird bei + Lage auf der gleichen, bei — Lage auf der entgegengesetzten Seite, wie die Abblendung der Kreise erfolgt, eine Abblendung eintreten. Denn wenn z. B. P abgeblendet wird, wird nicht wie auf b_1 a_1 die zugehörigen Strecke zwischen P b_1 und P a_1 durch Strahlen, die von anderen Punkten kommen, noch in ganzer Ausdehnung beleuchtet. Fällt daher

P K aus, so muss unter K a_1 Schatten auftreten. Hinter dem Bild $b^1 a^1$ aber (— Lage) wird das Gebiet zwischen P b^1 und K b^1 (Verlängerung) von keinen andern Strahlen mehr erhellt, über K b^1 muss also Schatten sein.

Fall 2.

a) Hat im vorigen Fall die Abblendung das konjugierte Bild nicht berührt, so ist dies hier anders Wird nämlich B_1 bis B_2 abgeblendet, so muss ein Teil des Bildes b_1 a_1 auch ausfallen. Denn jedem Punkt A_1 B_1 entspricht nur ein 1 Punkt von b_1 a_1. Was hat eine solche Einengung am Zerstreuungsbild zur Folge? Auch eine Einengung, die aber ganz anders als dort erfolgt. Zunächst sehen wir, dass sie auf der gleichen Seite wie die von b_1 a_1 und zwar für + und — Z. Bild erfolgt. Ferner, dass sie am grössten ist, je weiter die Fläche von der Linse absteht. Ja es kann b_1 a_1 z. B. bis auf a_1 abgeblendet werden und zwischen p a_1 P würden noch Strahlen sein. Einem Punkt entspricht eben im Zerstreuungsbild ein ganzer Kreis. Damit diese Fläche auch verdunkelt würde, müsste — vorausgesetzt, dass sie die gleiche dabei bliebe — der Punkt a_1 so weit nach unten wandern, dass die Linie p a_1 den Schnittpunkt P a_1 mit Hy träfe (cf. Fall 3). Eine andere Möglichkeit wäre, dass Fall 1 dazuträte d. h. die Linsenöffnung verdeckt würde.

b) Verschiebt sich das Objekt A_1 B_1 z. B. nach A_2 B_2, so verschiebt sich auch das Bild $b^1 a^1$, nach b_2 a_2. Dadurch kommt b^2 wieder an die Stelle wie vorher und die Grenzstrahlen müssen wieder gegen Position 1 vor wie hinter dem (tiefer stehenden) Endpunkt b_2 tiefer liegen. Der Unterschied ist nur, dass der unterste Punkt und mit ihm die Grenzstrahlen unten tiefer getreten sind.

Es kann sich a) und b) kombinieren, d. h. A_1 B_1 nach A_2 B_2 wandern und dabei von A_1 an nach oben gelegenen Teile abgeblendet werden. Dann erhalten wir das gleiche wie bei Absatz a).

Es sei hier gleich bemerkt, dass die gestrichelte Partie in Fall 2 dem wahren, in Fall 1 dem falschen Schatten entspricht.

Fall 3.

Wenn nun eine Abblendung zwischen Linse und Objekt erfolgt, so ist dies eigentlich nur eine Kombination von Fall 1 und 2. Es wird dadurch teils die Linse, teils das Objekt abgeblendet, also teils eine Verschmälerung des scharfen Bildes, teils nur eine solche der Zerstreuungsbilder bedingt. Ersteres ist der Fall, wenn von einem Teil des Objektes *keine Strahlen mehr auf die Linse* fallen können, letzteres, wenn von dem Objekt *nicht mehr* Strahlen auf ihre *ganze Ausdehnung* fallen.

Dieser Fall verlangt eine umständlichere Konstruktion und da er in den Tafeln wiederholt konstruiert ist, so sei auf diese verwiesen.

Am einfachsten gestaltet sich dieselbe wenn wir von dem Objekt und dem abblendenden Körper das scharfe Bild konstruieren. Ziehen wir zu jedem die Grenzstrahlen so geben uns diese die Erleuchtung in jeder Ebene sofort an: gleichgiltig ob wir wissen wollen wie das eine Bild oder das andere als auffangende Fläche sich verhält oder irgend eine Ebene als solche vor, zwischen oder hinter den beiden Bildern.

Bei den eintretenden Strahlen wird übrigens letzterer bei den austretenden ersterer Unterfall eintreten.

Auf diese 3 Fälle bezw. ihre Kombination lassen sich sämtliche Erscheinungen beim Skiaskopieren zurückführen.

a) Planspiegel.

Sehen wir uns zunächst die Konstruktion des Strahlengangs beim Planspiegel an. Von der Flamme strahlt kugelförmig Licht aus, ein Teil wird vom Spiegel aufgefangen und so reflektiert als käme er von den hinter diesem liegenden Flammenbildern und zwar in Position 1 von l_1, L_1, in Position 2 von

$l_2 L_2$, in Position 3 von $l_3 L_3$. d. h. die Strahlenbündel werden beim Abwärtsbewegen weiter nach unten reflektiert und müssen daher von immer weiter nach oben gelagerten Bildern herkommen, da diese in der Fortsetzung der Strahlen hinter dem Siegel liegen. Der Strahlenverlauf ist nun gerade so als ob die Strahlen von den Bildern als selbstleuchtenden Flammen durch den Spiegel als eine Oeffnung treten würden.

In die Pupille des Unt-Auges können von $l^1 L^1$ nur immer eine begrenzte Zahl von Strahlen treten. Bei Position I nun ist dies von allen Teilen von $l^1 L^1$ möglich. Bei Position II kann vom oberen Ende (l^2) gerade noch ein Strahl zum untersten Ende P der Pupille zutreten. Bei Pos. III ist sogar von einem grossen Teil des Flammenbildes $l^3 L^3$ jede Verbindung mit p P abgeschnitten durch die Abblendung von Seite des Spiegelrandes (s). (Die Verbindungs-Strahlen sind überall gezogen, so dass die Betrachtung der Figuren das Verhältnis ergibt.)

Wir haben also den „Fall 3" den wir an der Hand der Tafel näher hier besprechen wollen. Die übersichtlichste Darstellung erhalten wir, wenn wir sowohl von der Flamme $l^1 L^1$ etc. als von dem abblendenden Raum (Spiegelöffnung $s^1 S^1$ etc.) im Unt. Auge die scharfen Bilder $B^1 b^1$, $B^2 b^2$, $B^3 b^3$ resp. Tt konstruieren. Ziehen wir zu diesen Bildern die Grenzstrahlen so wissen wir für jede Ebene wie weit Licht und Schatten reicht. Ausserhalb der ruhig stehenden — das Spiegelbild für $s_2 S_2$ und $s_3 S_3$ ist ja fast genau das gleiche — Grenzstrahlen von Tt wird niemals Licht auftreten. Deshalb ist dieser Raum tief schwarz gehalten. Innerhalb des weiss gelassenen Raumes wird Licht sich so weit erstrecken als die Grenzstrahlen zu dem Flammenbildchen $B^1 b^1$, $B^2 b^2$, $B^3 b^3$ es nicht ausschliessen. Jenseits dieser Grenzstrahlen wird thatsächlich auch immer Schatten (eben der wahre Schatten) liegen (für Position 1 grau angedeutet). Wandert das Bildchen $B^1 b^1$ nach $B^2 b^2$, $B^3 b^3$ so wird ihm auch der Schatten

folgen müssen, und zwar wird er sich auf der einen Seite nach-, auf der andern zurückschieben. Sobald allerdings die Grenzstrahlen (nach b^2, b^3) jenseits der Spiegelgrenzstrahlen ($P - t - t B^3 p$) auftreffen würden, können sie in Wirklichkeit nicht mehr eintreffen Denn es wird in dem Augenblick ein Teil der Strahlen (z. B. von l^2) oder ein Teil des Objektes (l^3) durch den Spiegelrand abgeblendet, was sich natürlich im Bild ebenso ausdrückt. Die Verschiebung der Bilder $b^2 B^2$, $b^3 B^3$ mit ihren Grenzstrahlen im Schwarz ist nur angedeutet um das Verständnis zu erleichtern. Die Phantome sind auch so konstruiert, als ob die Bilder nicht abgeblendet würden, da es ja immer nur auf den hinter dem Bilde wandernden Schatten ankommt. Denn der Spiegelrandschatten ($P - t - t B^3 p$, $pT - TP$) kann niemals gesehen werden sobald wir durch die Unt.-Linse blicken, da in diesem Fall das Gesichtsfeld = dem Spiegellochbild* ist, das immer kleiner sein muss als das Spiegelbild.

Zu dieser Verkleinerung des scharfen Bildes tritt bei Position III noch die Folge der „Basiseinengung". Es sollte ja entlang $pB^3 - B^3P$ Schatten in diesem Fall aufgetreten sein. Nun aber tritt in allen Ebenen vor $B_1 b_3$ und hinter Tt noch der „falsche Schatten" infolge der Nichtbetrahlung von $p - \pi$ hinzu. Wir würden also in diesem Falle ausser dem stets gleichbleibenden Spiegelbildschatten ($P - t - t B^3 p$) Schatten entlang πB^3, $B^3 - B^3 P$, und $t - t B^3 \pi$ erhalten. Dabei kommt vor der Ebene $B_1 b_3$ dieser falsche Schatten aus dem wahren heraus, hinter Tt von der entgegengesetzten Seite wie der wahre und diesem entgegen gerichtet. Dies entspricht genau den Erscheinungen, wie wir sie beim Experiment von dem Augenblick an auftreten sahen, wo der Reflex mit seinem Ende in die Linsenöffnung trat.

Wir sehen weiterhin noch im Schwarz einen für Hyperopie mit Punkten, für Myopie mit Strich-Punkt-

*) Das Nähere kann hier als zu weitläufig nicht ausgeführt werden.

Strich angedeuteten Strahlenkegel, der nur zeigen soll, wie weit die Beleuchtung des betr. Auges nach unten gehen müsste bei den späteren Konstruktionen der austretenden Strahlen, so dass die Pupille durch den wahren Schatten ganz verfinstert würde. Natürlich wäre dazu ein grösserer Spiegel im Verhältnis zur Pupille pP nötig, wie dies ja thatsächlich beim Skiaskopieren der Fall ist. Bei den gegebenen Grössenverhältnissen würde alles schon dunkel sein im Augenblick, wo B^3 an der Schattengrenze tP anlangt.

Die Ebene My — My und Hy — Hy entsprechen der Netzhautlage in dem myop. resp. hyperop. Auge der andern Figuren.

b) Konkavspiegel.

Beim Konkavspiegel sind die Verhältnisse ganz ähnliche, nur erfolgt die Bewegung des konjugierten Bildchens entgegengesetzt, wie die Spiegeldrehung. Dies wird aus der Konstruktion leicht erklärlich; diese ist für Drehung des Spiegels nach oben ausgeführt, um eben mit dem Planspiegel Uebereinstimmung der Bildbewegung im Unt. Auge zu erhalten.

Da jetzt die von einem Punkt kommenden Strahlen konvergent vom Spiegel reflektiert werden, müssen die Spiegelbilder vor dem Spiegel liegen. Da ferner die von der Spitze der Flamme kommenden Strahlen schräger auffallen, also auch unter grösserem Winkel, d. h. stärker nach unten, reflektiert werden, als die von dem Fuss derselben auf gleiche Teile des Spiegels treffenden und eben jene Konvergenz die von gleichen Punkten stammenden Strahlen, wo immer sie auf dem Spiegel auftreffen, vor ihm vereinigt, müssen wir vor ihm ein Bild und zwar ein umgekehrtes erhalten. Ferner werden die untersten reflektierten Strahlen ($1^u = s' l'$) von dem obersten Teil der Flamme, aber auch vom obersten Teil des Spiegels kommen (beim Planspiegel $1^u = S' l'$). Denn jenseits des Konvergenzpunktes erfolgt ja eine Kreuzung der

Strahlen. Beim Planspiegel fehlt diese; daher kommt der unterste Strahl wohl auch von der Kerzenspitze, aber vom unteren Spiegelrand (wie dies auch beim Konkavspiegel vor der Kreuzung der Fall ist).

Stellen wir uns nun vor, dass sich der Spiegel dreht, so werden stets wieder die von der Flammenspitze kommenden Strahlen unter schrägerem Winkel auffallen, als die von der Basis — also auch schräger reflektiert werden und daher stets die untersten bleiben wie beim Planspiegel. Es muss daher der reflektierte Lichtkegel auch die gleiche Bewegungsrichtung wie die Spiegeldrehung haben. Dagegen ist das Verhältnis zum Spiegel und die innere Anordnung des Bündels umgekehrt. Beim Planspiegel erfolgte die Kreuzung hinter ihm; infolge davon ging bei Bewegung nach unten der tiefste strahlende Punkt entgegengesetzt wie die zugehörigen Strahlen vor dem Spiegel (nach oben). Der letzte Strahl, welcher von diesem Punkt (L_1 resp. L_2, L_3) ins Unt. Auge durch dessen Knotenpunkt ging und ebenso der, welcher überhaupt noch auf dessen Pupille traf (z. B. $L^1 P$; $L^2 P$; $L^3 P$) mussten, da ihr Ende vor der Linse sich hob, hinter dieser sich senken. Beim Konkavspiegel aber ging der tiefste strahlende Punkt mit den Strahlen vor dem Spiegel nach unten, falls dieser sich nach unten drehte. Folglich mussten die von ihm noch zum Unt. Auge gehenden Strahlen ($l^3 p$, $l^2 p$, $l^1 p$) vor ihrem Auftreffpunkt auf die Linse sich auch senken und hinter ihr sich ebenso wie der zugehörige Bildpunkt (b^3, b^2, b^1) nach oben bewegen. Da diesen Strahlen der Schatten sich anschmiegt, muss dieser sich gleicherweise bewegen.

In der Konstruktion ist nun der Spiegel von unten nach oben gedreht; folglich wandert das Bildchen von $b^1 B^1$ nach $b^2 B^2$, $b^3 B^3$. Infolge dieser Drehung muss auch der letzte noch aufs Unt. Auge treffende reflektierte Strahl von unten herantreten (er rührt aber trotzdem vom obern Spiegelende her wie beim Planspiegel). Dementsprechend wird auch die Basiseinengung von unten her eintreten und der

falsche Schatten vor T t von unten, hinter T t von oben herkommen. Da bei Konkavspiegel Spiegeldrehung und Bildbewegung entgegengesetzt sind, muss der falsche Schatten vor dem Spiegelbild (Tt) dem wahren entgegen, hinter ihm aus demselben herauskommen ($p\,b^3$, $Pt - \pi\,t$, dagegen $t\,\beta'\,p$; $b^3P - b^5t\;b^3\,\pi$).

Betrachtet man den Teil des Kegels (zwischen den schwarzen, gelben blauen Linien), der vom Spiegel auf das Unt. Auge fällt, so zeigt sich, dass er bei beiden Spiegeln auf dessen Fläche nach oben wandert; würden dagegen die Spiegel gleich gedreht, so müsste die Wanderung entgegengesetzt sein (cf. p 9.).

Die Einschränkung der Strahlen erfolgt hier auch durch den Spiegelrand; da er aber hinter der Flamme liegt, müssen wir uns von P und p die Verlängerungen über den Endpunkt L^2 resp. L^3 hinausgezogen denken. Sofern diese nicht mehr auf den Spiegel treffen, kann man sie als abgeblendet betrachten.

Sowohl beim Plan- als Konkavspiegel können wir also sagen: das reflektierte Lichtfeld bewegt sich vor dem Spiegel wie dieser selbst. So wie nun wenn wir hinter einer Oeffnung eine Lichtquelle bewegen, die durchtretenden Strahlen die gleiche Bewegung zeigen, wie wenn wir die Lichtquelle vor ihr, aber in entgegengesetzter Richtung bewegen, so entsteht auch die gleiche Bewegung des Lichtfeldes bei beiden Spiegeln durch entgegengesetzte Bewegung der Flammenspiegelbilder vor bezw. hinter dem Spiegel. — Und wie anderseits im obigen Fall ein Bildchen, das durch eine Linse von jener Lichtquelle entworfen würde, entgegengesetzte Bewegung im einen und anderen Fall zeigen würde, so muss dies auch bei gleicher Bewegung der Spiegel, für das Bildchen im Unt. Auge und auch für die Zerstreuungsbilder und den wahren Schatten der Fall sein, weil eben die Spiegelbilder als entgegengesetzt sich bewegend für Planspiegel, gleichgerichtet für Konkavspiegel anzusehen sind.

Wollen wir noch die Bewegung des wahren und falschen Schattens zusammenfassen, so ergibt sich (für die einzelnen Kombinationen cf. die folgende Tabelle):

I. Bei Planspiegel gleiche, bei Konkavspiegel entgegengesetzte Bewegung des wahren Schattens mit der Bewegung des Spiegels oder Lichtscheins auf dem Gesicht des Untersuchten, ohne Unterschied, welche Refraktion besteht.

II. Bei Planspiegel und Konkavspiegel gleiche Bewegung des falschen Schattens mit der des Spiegels für Punkt. remotum des Unt. jenseits (Hy) umgekehrte für Punkt. remotum des Unt. diesseits des Spiegels (My).

Da jedoch diese Bewegung innerhalb des Beleuchtungsfeldes am Schlusse seiner Verschiebung erfolgt, diese aber für beide entgegengesetzt verläuft, wird immerhin ein Gegensatz für beide Spiegel in der Lage desselben zum wahren Schatten bestehen bleiben.

In den Fällen, wo der falsche Schatten aus dem wahren herauskommt (Planspiegel und Hy, Konkavspiegel und My) wird er event. auch beim Skiaskopieren wahrgenommen.

Werden zunächst (wie auf den Tafeln) die Spiegel entgegengesetzt

also der

Planspiegel nach unten gedreht	Konkavspiegel nach oben gedreht

so geht der

Wahre	Falsche	Wahre	Falsche
Schatten	bei	Schatten	
Hy nach unten	Hy nach unten	Hy nach unten	Hy nach oben
My nach unten	My nach oben	My nach unten	My nach unten

Werden dagegen die beiden Spiegel gleichsinnig d. h. der

Planspiegel nach unten gedreht		Konkavspiegel nach unten gedreht	
so geht der			
Wahre	Falsche	Wahre	Falsche
Schatten		bei Schatten	
Hy nach unten	Hy nach unten	Hy nach oben	Hy nach unten
My nach unten	My nach oben	Hy nach oben	Hy nach oben

3. Spiegel-Phantome.

Nachdem wir so die Konstruktion der Licht- und Schattenbewegung kennen gelernt haben, gilt es jetzt zu zeigen, wie dieselbe in den Phantomen dargestellt ist und nach welchen Prinzipien diese konstruiert sind. Ihr Zweck ist ja sehr einleuchtend; statt der Zeichnungen, die immer nur nach eingehenderem Studium wirklich verständlich werden und niemals eine recht klar anschauliche Vorstellung der Bewegung vermitteln, soll eine mechanische Vorrichtung diese Bewegung selbst vorführen.

Die Prinzipien nun, nach denen diese Uebertragung stattfand, sind sehr einfach und zum Teil oben schon angedeutet.

Sehen wir uns nemlich die Lage z. B. der virtuellen Flammenbilder zu dem Planspiegel in seinen 3 Positionen an, so zeigt es sich, dass der Drehpunkt des Spiegels gleichzeitig der Mittelpunkt einer Kreisfläche ist, in der sich die virtuellen Bilder nach oben bewegen (man setze einen Zirkel auf den Mittelpunkt des Spiegels und nehme l^1, l^2, l^3, dann L^1, L^2, L^3 in die Oeffnung, so kann man sich leicht davon überzeugen). Denken wir uns das erste Bild durch Linien mit diesem Mittelpunkt verbunden, so wird die ganze so entstehende Fläche beim Aufwärtswandern von l^1, L^1

unverändert sich um den Mittelpunkt des Spiegels drehen. Ohne einen Fehler für die Bewegungsrichtung des vor dem Spiegel gelegenen (reflektierten) Strahlenkegels zu begehen, können wir uns die von den betreffenden Bildern ausgehenden Strahlen geradlinig durch den Spiegel hindurch verlängert denken; ja sogar die ganze Fläche, welche die durch den Mittelpunkt gezogenen Strahlen einschliessen, wird immer gleich bleiben; nur die Strahlen näher, und besonders an dem Rand $s^1 S^1$ werden in schrägerer Richtung austreten im Verhältnis zu der beim Beginn bestehenden, da der Spiegel sich nicht entsprechend mitdreht, vielmehr die von Bildmitte zur Spiegelmitte gezogene Linien einen immer kleineren Winkel einschliesst. Wir können aber dies Verhältnis vernachlässigen und annehmen, dass der Spiegel sich so mitdreht, dass der Winkel zwischen äussersten Strahlen und Spiegel der gleiche bleibt, wie er in der 1. Position ist. Dann können wir die ganze Fläche, die von den in der Position I zu äusserst gelegenen Strahlen eingesäumt ist ($l^1 s^1$ 1o — $L^1 S^1$ 1u) als um das Centrum des Spiegels drehbar annehmen und wir erhalten so für den Planspiegel eine Darstellung der Bewegungsverhältnisse der virtuellen Bilder und des vor dem Spiegel liegenden Strahlenkegels.

Ganz entsprechend können wir uns das umgekehrte reelle Bild beim Konkavspiegel als mit diesem in fester Verbindung stehend vorstellen. Die Fläche $s^1 L^1$ 1o — $S^1 l^1$ 1u würde sich wieder um das Spiegelzentrum drehen und Bild und reflektierte Strahlen, da sie beide vor dem Drehpunkt liegen, auch beide in gleicher Richtung mit dem Spiegel sich drehen.

Während so das Flammenbild mit dem Spiegel in Beziehung tritt, ist es anderseits auch in engstem Zusammenhang mit seinem konjugierten Bilde im Unt Auge. Da dessen Knotenpunkt für alle durch ihn zwischen diesem und jenem ziehenden Strahlen gemeinsam bleibt, können wir ihn als Drehpunkt für die Strahlenfläche zwischen beiden ($l^1 p B^1 P B^1$ — $L^1 P b^1 p b^1$

für Planspiegel, $L^1 p b^1 P b^1 - l^1 P B^1 p B^1$) für den Konkavspiegel setzen. Auch hier vernachlässigen wir die bei der Bewegung eintretende Aenderung der Winkel bei p und P, da sie keinen Einfluss auf die Bewegungsart hat.

Wir haben somit 2 Flächen, eine um den Knotenpunkt des Unt. und eine um das Spiegelzentrum drehbare. Beiden gemeinsam ist das Flammenbild, dessen Centrum zur Verbindung dient. Dieses muss sich mit dem Spiegel und mit seinem konjugierten Bild gleichzeitig bewegen. Dabei aber muss das Bild, welches sich z. B. um das Spiegelcentrum dreht, sich, insofern es der anderen Fläche angehört, in ihr dem Knotenpunkt des Un. nähern oder sich von ihm entfernen und umgekehrt; denn ein von 2 Punkten gleichmässig festgehaltener Punkt kann sich nicht verschieben, ohne dass die eine oder andere Distanz sich ändert. Dem ist nun in der Konstruktion auch Rechnung getragen. Alle nur zur Konstruktion dienenden Teile sind übrigens schwarz gehalten; weiss nur die bestrahlten Flächen.

Bewegen wir nun die durch eine schwarze Linie angedeuteten Spiegel*) an den Phantomen, dann ergeben sich die Bewegungsarten des Lichtkegels vor und nach der Brechung, wie sie in der Konstruktion der Tafel gefordert sind, d. h. es bewegt sich beim Abwärtsneigen des Planspiegels das virtuelle Bild (weisse Linie) nach oben, der Lichtkegel vor dem Un-Auge nach unten, derselbe nach der Brechung ebenfalls nach unten und zwar sowohl für das hyperopische Auge, das durch die stehen gelassene Spange in dem Ausschnitt angedeutet ist, als in dem myopischen, dessen Netzhaut am Ende des Ausschnitts angenommen. Will man nicht die ganze Kegelbewegung andeuten, sondern nur die Bewegung des

---

* Man wird besser nicht gerade an ihrer Stelle in Wirklichkeit die Bewegung machen.

beleuchteten Feldes an der betreffenden Netzhautstelle, so decke man sich den Rest des Ausschnittes mit schwarzem Papier zu.

Nun sollte eigentlich das Verschwinden des Lichtes an der Grenze des Spiegelbildkegels und auch der „falsche“ Schatten zu sehen sein. Dieser letztere aber verlangt eine komplizierte Konstruktion, das erstere aber wäre hinderlich geworden, weil wir dann den Lichtkegel in den folgenden Phantomen nicht gut hätten sehen können, falls wir nemlich die Spiegelphantome auf die Refraktionsphantome legen. Schneidet man sich den Spiegelrandschatten, wie er in den Tafeln im Un. Auge gegeben, in schwarzem Karton aus, so kann man sich dies Verschwinden vor Augen führen. Natürlich müsste im Moment, wo die Strahlenfläche mit ihrem Ende in die Pupillenöffnung tritt, der Kegel allmählich hinter ihr über die Pupille wandern und wenn das Ende der Pupille erreicht ist, alles Licht verschwunden sein. Wäre aber der Spiegel entsprechend grösser, dann wäre es auch der von ihm reflektierte Lichtkegel und dann würde die Art der Bewegung noch weiter so gehen, wie wir uns dies mit dem Spiegelphantom vorführen können, wenn wir so viel weiterdrehen, als es die mechanischen Ein schränkungen eben gestatten.

Beim Abwärtsdrehen des Konkavspiegels geht das Flammen-Bildchen wie der Lichtkegel nach unten. Es überträgt also der Bildebene vor dem Un. Knotenpunkt eine Abwärtsbewegung; daher muss nach der Brechung der Lichtkegel nach oben wandern.

Der Strahlengang ist aus den roten und grünen Linien ersichtlich; der wahre Schatten wäre nichts anderes als die Partie in dem Ausschnitt, die auf der in der Bewegung rückwärts befindlichen Seite nicht mehr von der weissen Fläche bedeckt wird.

II. Austretende Strahlen.

Wir kommen nunmehr zur Betrachtung des Strahlengangs von dem durch die Spiegelstrahlen er-

leuchteten Netzhautteil (Beleuchtungsfeld) zurück in die Luft und ins Auge des Beobachters bis zu dessen Netzhaut.

1. Experimente.

Führen wir zunächst wieder experimentell den Vorgang uns vor Augen. Hiezu müssen wir nun durch die Linse den vorher mit freiem Auge betrachteten Licht- u. Schattenverlauf beobachten. Von vornherein werden wir uns sagen können, dass wir dabei die gleichen Erscheinungen wie beim Skiaskopieren des Auges erhalten werden. Wir können uns daher kurz fassen. Wir sehen bei Benützung des Planspiegels: bei myopischer Stellung der Linse einen Schatten in entgegengesetzter, bei hyperopischer in gleicher Richtung über die Linse wandern. Mit Konkavspiegel gerade umgekehrt. Gehen wir von der Myopie in die Hyperopiestellung mit der Linse, dann bekommen wir eine immer längere Pause zwischen Beginn der Spiegeldrehung und Eintritt des Schattens, der immer unschärfer, geradliniger wird und immer rascher vorüberhuscht. Schliesslich sehen wir nur die, an sich geringer werdende, Helligkeit bei den Spiegeldrehung abnehmen, der letzte Rest verschwindet dann ganz plötzlich. Haben wir ein aplanatisches Objektiv benützt, dann kommen wir sogar zu einem Punkt, wo die Linsenöffnung ganz dunkel erscheint. Gehen wir dann mit der Linse noch näher an die auffangende Fläche heran, so erhalten wir einen zuerst rasch verlaufenden und schwer in seiner Richtung erkennbaren Schatten, der aber immer deutlicher die entgegengesetzte Richtung zeigt, die er bei der myopischen Stellung hatte.

Ausserdem aber können wir auch den „falschen Schatten“ sehen, ja unter gewissen Bedingungen (grosse Linsenöffnung, kleinen Spiegel, starke Hyperopie oder Myopie) erscheint er als das ganze Feld allein überziehend, so dass es schwer fällt, den richtigen überhaupt zu sehen. Dieser erscheint dann nur als eine schmale dunkle Sichel, welche die oben angedeuteten

Bewegungserscheinungen zeigt; in den Fällen, wo er die gleiche Richtung hat wie der falsche Schatten, sind beide überhaupt nicht zu trennen.

Die Unterschiede gegenüber den bisher direkt gesehenen Licht- und Schattenverschiebungen können nun bloss durch das Zwischenschieben der Linse zwischen das Be Auge und die bisher direkt gesehene Fläche bedingt sein.

Wollen wir uns diese Wirkung objektiv veranschaulichen, dann müssen wir die Einwirkung dieser Einschiebung auf die Bilder, die auf der Be Netzhaut entstehen, darstellen. Dies können wir leicht, indem wir einen photographischen Apparat auf die Unt. Linse einstellen und nun hinter dieser statt des Lichtreflexes ein hell erleuchtetes weisses Papierfeld auf schwarzem Grund in verschiedener Entfernung bewegen. Wir erhalten dann die Erscheinungen auf der matten Platte, wie nachher im Be. Auge in Konstruktionen und Phantomen.

Durch das Einschieben der Linse zwischen beleuchtete Fläche und Be. Auge wird nun zweierlei bedingt:

1. können wir nur mehr einen begrenzten kreisförmigen Bezirk überblicken, wie wenn wir durch eine runde Oeffnung blickten. Dadurch kommt es, dass der vorher uneingeschränkt fortschreitende Schatten eine Ueberschneidung durch den kreisförmigen Linsenrand erfährt;
2. werden die von dem beleuchteten Feld zurückkehrenden Strahlen nochmal gebrochen, ehe sie in unser Auge gelangen, so dass wir eventuell ein umgekehrtes Bild erhalten. Daraus erklärt sich, dass wir die für dieselben Spiegel gleich bleibende Schattenbewegung dann umgekehrt sehen.

In der Nähe des neutralen Punktes erfolgt ausserdem hiebei die Brechung derart, dass wir nicht mehr auf die beleuchtete Fläche einstellen können und dann (für die Regel) von selbst auf die Linse resp.

die Pupille einstellen. Daraus erklärt sich eine Erscheinung, die nicht ganz leicht zu überblicken ist.

Von vornherein werden wir uns nämlich vorstellen, dass wir in dem Augenblick, wo das Ende des Beleuchtungsfeldes die Grenze der überblickbaren Bezirke (Beobachtungsfeldes) überschreitet, Schatten auftreten sehen werden. So wird wenigstens für gewöhnlich der Vorgang geschildert. Es ist auch thatsächlich so, so lange wir den Schatten scharf sehen. Ist dies aber nicht mehr der Fall, dann ändert sich dieses Zusammenfallen von objektivem Schatteneintritt auf der überblickten Netzhautfläche und scheinbarem Eintritt des Schattens innerhalb der Linsenöffnung resp. Pupille.

Ein Experiment möge diesen Wechsel einigermassen verständlich machen. Ganz erklärt wird er weiterhin durch die Konstruktionen.

Wenn wir ein Nadelstichloch von rückwärts beleuchten und nun durch eine Linse betrachten, die wir ganz nah hinhalten, so sehen wir einen etwas vergrösserten leuchtenden Punkt. Wenn wir nun die Linse abrücken, aber so, dass der Punkt stets in der Mitte bleibt, so wächst er allmählich, wird verschwommener, füllt aber eine immer grössere Fläche der Linsenöffnung aus. Schliesslich erscheint diese ganz erleuchtet, d. h. die ganze Flächenerleuchtung den Pupille ist jetzt durch die Beleuchtung eines Punktes bewirkt. Nun ist es aber schwierig, sich vorzustellen, wie dieser Punkt zu dem übersehbaren Feld sich verhält. Ist dieses selbst vielleicht jetzt zu einem Punkt zusammengeschrumpft? dann wäre es ja ganz erklärlich, dass die ganze Linsenöffnung erhellt erscheint. Wäre dies aber der Fall, dann könnten wir eben von einem Punkt der neben dem jetzigen liegt, überhaupt keine Erleuchtung der Linse mehr bekommen, er läge ja ausserhalb des durch die Linsenöffnung sichtbaren Gebietes. Stechen wir nun nebendran ein neues Löchelchen ein und decken das erste zu, dann erscheint nicht die ganze

Linse dunkel, sondern wir bekommen sie noch mehr oder minder weit erleuchtet. Also muss jedenfalls das „Beobachtungsfeld“ insgesamt grösser sein als der Punkt. Innerhalb dieses übersehbaren Gebietes aber kann offenbar sowohl von der einen als von der anderen Seite bis auf den einen Punkt abgeblendet werden oder Schatten über das Gebiet zwischen den Grenzen des Beobachtungsgebietes bis zu dem Mittelpunkt wandern, ohne dass in der Linsenöffnung Schatten erscheint. Damit ist die Inkongruenz bewiesen: es kann Schatten im Beobachtungsfeld auftreten, ohne dass die Pupille beschattet wird. Im gegebenen Fall würde das Erlöschen des allein erleuchteten Mittelpunktes vollständiges Dunkelwerden der Linse bedingen. Ist aber das Beobachtungsgebiet flächenhaft vom Mittelpunkt bis zu seiner Grenze beleuchtet, so wird Verdunklung des Mittelpunktes bis zum Erlöschen der zugehörigen Zerstreuungskreise also nur einen schmalen Schatten (bis zur Grenze des nächsten Zerstreuungskreises) bedingen. Alles Nähere ergibt übrigens die Konstruktion.

2. Konstruktion.

Von der Unt. Pup. entsteht ein scharfes Bild auf der Be. Netzhaut; von der Unt. Netzhaut (Beleuchtungsfeld) ein Z. Bild auf, oder ein scharfes Bild vor resp. hinter ihr (cf. wieder Fall 3). Beide greifen ineinander. Wir gehen von dem scharfen Bild des Beleuchtungsfeldes aus und betrachten die Be. Netzhaut als eingeschobene Ebene (wegen der Phantomkonstructionen).

Um die Uebereinstimmung mit den Spiegelkonstruktionen zu wahren, nehmen wir die Grösse der erleuchteten Partie gerade so an wie sie dort sich ergab und zwar im Augenblick wo die obere Grenze des Beleuchtungsfeldes den Punkt grün 1 erreichte. Für das myopische Auge ist der Planspiegel, für das hyperopische der Konkavspiegel berücksichtigt, um beidemale ein etwas grösseres Feld zu haben als die Strecke 1—1. Der unten in den drei Figuren gezeichnete Schatten ist der vom Spiegelbild begrenzte Raum über den die einfallenden Strahlen nicht hinaus können, oben ist

derselbe weggelassen um anzudeuten dass in der Richtung der austretenden Strahlen kein Schatten entsteht, diese vielmehr diffus über das ganze Auge zurückstrahlen. Dies ist auch durch die punktierte weisse Linie bei dem myopischen Auge angedeutet. (Denkt man sich einen Querschnitt zwischen Linse und Retina, so würde dieser von der Linsenseite her betrachtet ein begrenzt erleuchtetes Gebiet, von der Retinalseite dagegen eine diffuse Erleuchtung seiner ganzen Fläche zeigen).

Von der ganzen erleuchteten Netzhautfläche (-Beleuchtungsfeld) gehen nun Strahlen durch die Linse nach aussen zurück, um dann weniger divergent, parallel oder konvergent zu verlaufen.

a) **Myopie.**

Betrachten wir den Fall, wo sie so stark konvergieren, dass zwischen den beiden Augen ein Luftbild (= 1. Bild) der beleuchteten Fläche entsteht. und verfolgen wir die Strahlen zu ihm und weiter ins Be-Auge. Wenn die Strecke grün 1^1 bis zum Schatten das Beleuchtungsfeld darstellt, so erhalten wir hiervon das Luftbild: schwarzer Punkt — 1 grün. Welche Strahlen können nun ins Be-Auge weiter gehen? Grün 1 p. fällt offenbar weit neben dasselbe, und von allen zwischen p und P von grün 1 her austretenden Strahlen kann nur der auf O treffende nach der Brechung noch in die Pupille Be. eintreten. Es wäre also grün 1 der oberste sichtbare Punkt, da nur von ihm eben noch ein Strahl ins Be. Auge eintritt. Ebenso würde rot 1 der unterste sein. Diese überblickbare Strecke nennen wir Gesichtsfeld oder Beobachtungsfeld. Von der auch erleuchteten Strecke zwischen rot 1 und der schwarzen Fläche entsteht zwar ein Bild in der Luft (rot 1 — schwarzer Punkt) aber bei der gegebenen Stellung kann es vom Be. nicht mehr gesehen werden und ist deshalb weiterhin nicht berücksichtigt. Weshalb nun sieht es der Be. nicht? Einige Autoren haben diese Frage dahin beantwortet: weil die Iris des Be. die Strahlen abfängt. Dies ist richtig; wäre o höher oben, könnte p o noch durch den schwarzen Punkt gehen. Man

kann aber eben so gut sagen, wenn p höher läge, wäre dies der Fall. Letzteres ist die unserer alltäglichen Anschauung näher liegende Betrachtungsweise; wir sprechen davon, dass eine Blende die hinter ihr liegenden Gegenstände verdeckt, nicht aber unsere Iris.

Nun wird von dem Luftbild 1 — 1 noch ein Bild (2.) nach der Brechung durch das Be-Auge entstehen. Dessen Lage zur Netzhaut des Be. hängt offenbar von der Einstellung des Be. ab. Dieser ist nun auf die Pupille des Unt. eingestellt. Jedenfalls müssen wir diese Annahme machen und dürfen es auch. Damit ist nun gesagt, dass auf der Be.-Netzhaut ein scharfes Bild der Unt. Pupille entsteht. Dieses konstruieren wir, indem wir von p — P die Knotenlinien bis zur Be-Netzhaut ziehen. Das 1. (Luft)-Bild 1 — 1 liegt nun näher als die Pupille p P, folglich muss das 2. Bild hinter die Netzhaut fallen, auf dieser ein Zerstreuungsbild von ihm entstehen. Die Konstruktion wird uns dadurch sehr erleichtert, dass die von der Pupille p P kommenden Strahlen auch dem Luftbild angehören. PO muss offenbar nach dem oberen Ende des umgekehrten Pupillenbildes (grün 1 P) gehen, ist aber gleichzeitig der grüne Endstrahl von 1 — 1. Ziehen wir nun (in der Zeichnung weggelassen) von dem Punkt grün 1 (Luftbild) die Knotenlinie, so muss der Bildpunkt von grün 1 an dem Schnittpunkt von o-grün 1 P und ihr liegen (in grün 1 hinter Be). Entsprechend finden wir „rot 1." Auf der Netzhaut des Be. nun fallen diese äussersten Strahlen (PO u. po) mit dem Rande des Pupillenbildes zusammen. Zwischen ihnen muss der ganze Raum von den Strahlen erfüllt sein, die von Punkten zwischen 1 — 1 kommen, d. h. das ganze Pupillenbild muss erhellt sein, folglich die Pupille des Un. ganz erleuchtet erscheinen.

Nun nehmen wir an, der Spiegel werde so gedreht, dass grün 2 der letzte oben noch erleuchtete Punkt ist. Wäre der Spiegel entsprechend gross,

dann würde etwa 2 — 2 erleuchtet, dementsprechend würde das Luftbild auch nach grün 2 — rot 2 sich verschieben. Doch wäre der Teil über rot 1 stets bedeutungslos, da er keine Strahlen ins Be-Auge senden kann. Zwischen grün 1 und grün 2 wäre natürlich dasLuftbild ausgefallen. (Entsprechend dem schwarzen Pfeil.) Von dem 2. Bild hinter der Netzhaut des Be muss natürlich ein entsprechendes Stück bis grün 2 auch ausfallen. (Man findet diesen Punkt, wenn man die Knotenlinie zieht.) Welchen Einfluss hat dies nun auf das Pupillenbild? Es wird nicht mehr erleuchtet sein. Wir brauchen nur den Grenzstrahl o zu grün 1 hinter Be ziehen so sehen wir dies.

Wir können aber auch auf andere Weise die Betrachtung mit gleichem Resultat anstellen. Die Strahlen, die vom 1. Bild kommen, können wir nämlich auch als von der Pupille ausgehend betrachten, nur mit dem Unterschiede, dass die von einem Punkt derselben (z. B. P) kommenden nicht einem Punkt des Luftbildes oder des zugehörigen Beleuchtungsfeldes, sondern einer ganzen Reihe angehören können. (Bei Erleuchtung von 1 — 1 können von P-Strahlen über die ganze Fläche des Luftbildes 1 — 1 ziehen). Nehmen wir diese Sachlage an so erhalten wir eine Abblendung zwischen Objekt (pP) und Linse (Fall 3.). Von P kann kein Strahl mehr nach oO gehen; grün 2 P fällt weit über o hinaus. Die Strahlen 2 φ und 2 ψ sind offenbar die äussersten, welche gleichzeitig von der Pupille Un. und Punkt 2 in oO eintreten können. 2 p fällt schon wieder unter O, doch kann von p noch der rote Strahl (1 p) eindringen, also wird der entsprechende Bildpunkt noch entstehen. Dagegen kann offenbar von der Partie unterhalb φ P kein Strahl mehr nach oO gehen. Folglich muss auf der konjugierten Netzhaut der Teil, welcher φ P entspricht (man ziehe wieder die Knotenlinien) nicht mehr erleuchtet sein, durch grauen Ton angedeutet. Wie sehen wir nun diese Verdunkelung unserer Netzhaut? Da wir von unserer Netzhaut auf die fixierte

Ebene entlang diesen Knotenlinien projizieren, muss der scheinbare Schatten in der Pupille p P umgekehrt eben zwischen φ und P liegen. Da aber 2 φ der letzte Strahl war, der von 2 aus ins Be Auge als von der tiefsten Stelle der Pupille p P kam, so können wir auch sagen, dass durch den letzten Strahl, der aus der Pupille des Unt. durch den äussersten Punkt des 1. Bildes nach der Be Pupille gezogen werden kann, die Grenze des scheinbaren Schattens in der Unt. Pupille und auch dessen Richtung gegeben ist. So können wir die Konstruktion also machen, ohne die Strahlen bis zur Netzhaut zu verfolgen. Aber verständlich wird diese erst, wenn wir den ganzen Strahlengang überblicken und sehen, dass der Strahl 2 φ, eben infolge der Einstellung auf p P, auf der Netzhaut des Be einen konjugierten Punkt zu φ trifft.

Es ist auch klar, dass die objektive Beschattung auf unserer Netzhaut ebenso wie am 2. Bild erfolgt, daher auch entgegengesetzt wie am 1. Bild und wieder gleich gerichtet wie auf der Netzhaut des myopischen Untersuchten. Anderseits wieder erfolgt die scheinbare Beschattung umgekehrt wie die objektive; so sehen wir schliesslich den Schatten in der Unt. Pupille umgekehrt, wie auf dessen Netzhaut oder gleichgerichtet wie im Luftbild wandern.

Wir haben jetzt noch des weiteren einen Einfluss derEinstellung Be. auf die Pupille zu berücksichtigen, der oben schon gestreift und im Experiment schon vorgeführt wurde: dass nämlich der scheinbare Schatten-Eintritt, nicht mit dem Augenbick beginnt, wo der objektive einsetzt. Die Konstruktion zeigt weshalb. Grün 1 (2. Bild) ist von einem Strahl gebildet, der sich in 1 P mit einer Reihe anderer kreuzt (O 1 P bis o 1 P) d. h. dieser Kreuzungspunkt ist in seiner Erleuchtung nicht allein wie Punkt grün 1 von 1 Strahl abhängig. Er wird deshalb so lange erleuchtet bleiben, als noch der letzte Strahl O 1 P zum Be-Auge zutritt, d. h. es können die Strahlen PO bis Po erlöschen, ehe Schatten auf

1 P — 1 p eintritt. Der Strahl PO erlischt aber, wenn grün 1 im Luftbild erlischt — dies hat ein Erlöschen von grün 1 im 2. Bild, aber nicht von 1 P zur Folge. Erst wenn eben die Strecke oberhalb der (hier nicht angegebenen) Linie Po des Luftbildes erlischt, dann beginnt die Verdunkelung von 1 P her. In diesem Moment muss natürlich das 2. Bild bis zu der schwarzen gestrichelten Linie verschwunden sein. Ebenso könnte von der anderen Seite (rot 1) her bis zu der schwarzen Linie Verdunkelung eintreten, ohne dass sie das Pupillenbild 1 P — 1 p beträfe.

Es genügt also zur Erleuchtung der Pupille die durch die gekreuzten Pupillenverbindungslinien eingegrenzte Partie des Luftbildes resp. die durch die schwarz gestrichelten Linien abgeschnittene des 2. Bildes.

Dagegen dürfen wir diese Partie nicht als Grundlage für den ganzen Vorgang annehmen. Denn sonst würden wir bei Beschattung bis zu diesen Linien (also z. B. etwa von grün 2 im 2. Bild) plötzlich Schatten von 2 φ bis 1 p erhalten, während in Wirklichkeit derselbe ganz allmählich bis 1 p herunterwandert. Für die Ausdehnung der Beleuchtung zwischen 2 φ und 1 p ist es gleichgiltig, ob der Zerstreuungskreis von grün 2 (eben 2 φ — 1 p) noch von Teilen von Zerstreuungskreisen unterlegt ist oder nicht. Sind diese aber nicht da und jener fällt weg, dann macht sich ihr Mangel geltend: 2 φ — 1 p würde plötzlich dunkel.

Wir haben diesen Gedanken ganz verfolgt um zu zeigen, dass er zum gleichen Resultat führt. Einfacher ist es wenn man sich die Konstruktion gemacht denkt die auch für das Phantom verwendet ist: nämlich von o nach grün 1 und von O nach rot 1 (2. Bild.) eine Verbindungslinie gezogen. Diese wird in Wirklichkeit nie existieren können. Wenn wir nun aber uns vorstellen, dass 1—1 nach unten wandert und dieses Strahlenbündel (0. 1. O. 1.) mit zieht, so würden dadurch die Verhältnisse anschaulich wiedergegeben.

b) Neutraler Punkt.

Stellen wir uns nun vor, das 1. Bild rücke näher an den Be. heran, so wird offenbar das 2. weiter von

der Netzhaut Be. nach hinten rücken und grösser werden. Die konvergierenden schwarzen unterbrochenen Linien werden eine immer kleinere Strecke vom 2. Bild in sich schliessen, die genügt, um das Pupillenbild ganz zu erhellen, die ober und unter ihr gelegenen Strecken des 2. Bildes werden dagegen wachsen. Schliesslich werden sich die schwarzen Linien in einem Punkt treffen, dessen Erleuchtung genügt für die Erleuchtung des Pupillenbildes, weiterhin werden sie sich überkreuzen und es wird dann die Erleuchtung nur eines Punktes zwischen denselben hiezu genügen, Schatten also erst eintreten, wenn bis über die 2. Linie hinüber das 2. Bild erloschen.

Rückt dann das 1. Bild näher als der vordere Brennpunkt an das Be-Auge heran, dann wird das 2. Bild vor dieses fallen. Die Zonen, bis zu denen der Schatten wandern muss, aber werden die gleichen Eigenschaften weiter haben, weil sie ebenso wie das 2. Bild in der rückwärtigen Verlängerung der bisherigen Linien liegen. Der Schatten seinerseits wird entgegengesetzt wie am I. (und jetzt auch II.) Bild auf der Be. Netzhaut verlaufen da der Knotenpunkt noch zwischendrin liegt. Je näher das 1. Bild weiterhin dem Be-Auge rückt, um so näher rückt das 2. und um so grösser wird die Strecke der Bilder sein, die ohne Einfluss auf Eintritt des Schattens verdunkelt werden kann. Dabei wird aber stets noch Schatten auf der Be-Netzhaut und zwar entgegengesetzt wie am I. Bild auftreten. Schliesslich muss einmal eine Lage der Bilder eintreten, wo die Zone, deren Verdunklung ohne Einfluss ist, die ganze Fläche des Bildes einnimmt, die äusseren, deren Verdunklung Schatten bewirkt, auf Null zusammenschrumpfen, also die Verdunklung in einem Moment auftritt: Das muss dann die Stellung sein, die wir experimentell beobachtet haben; es frägt sich nur noch: welches ist sie?

Aus Fig. 1 wissen wir, dass man unmittelbar an der Linse deren ganze Fläche bis auf 1 Punkt ab-

decken kann, ohne dass das scharfe Bild eines Objektes deshalb an Ausdehnung einbüsst: wird dieser letzte Punkt auch noch verdeckt, so erlischt das ganze Bild auf einmal.

Das scharfe Bild ist hier das der Pupille des Unt. Die Abblendung aber erfolgt in dem konjugierten Bild des Beleuchtungsfeldes. Da nun die Erscheinung des plötzlichen Erlöschens erklärlich wäre, wenn die Abblendung an der Linsenöffnung d. h. Pupille des Be. stattfände, so müssten wir annehmen, dass die aus der Pup. Unt. austretenden Strahlen sich auf jener zu dem konjugierten Bild des Beleuchtungsfeldes vereinten. Denn dann würde seine Abblendung resp. Beschattung auf der Netzhaut des Unt. eine entsprechende Abblendung hier bewirken.

Dem ist nun thatsächlich so. Im Augenblick, wo die Erscheinung des unvermittelten Wechsels von Erleuchtung und Beschattung der Unt. Pupille eintritt, liegt das scharfe Bild der Be Netzhaut auf unserer Pupille, das scharfe Bild der Unt. Pupille auf unserer Netzhaut. Letzteres sehen wir direkt. Von jener Thatsache können wir uns am photographischen Apparat überzeugen, wenn wir eine Kerzenflamme statt des Beleuchtungsfeldes setzen und das Objektiv statt unserer Linse. Wir sehen dann in diesem Augenblick das scharfe Bildchen der Flamme auf der Linse des Apparates.

Darnach gestaltet sich die Konstruktion des neutralen Punktes sehr einfach. Die vom Beleuchtungsfeld 1 — 1 ausgehenden Strahlen sind jetzt identisch mit Po, po und PO, pO; nur ist statt der wirklichen Pupillarebene die scheinbare[1]) (gegeben durch die schwarze Linie vor der Pupille; die schwarz gestrichelte stellt die Hauptebene des Auges vor) ge-

---

[1]) Da die Ebene des neutralen Punktes schon an verschiedene Stellen: Knotenpunkt, Linse, Pupille, Hornhaut, ja sogar vorderer Brennpunkt (!) verlegt worden ist, ist hier die richtige Konstruktion gewählt. Praktisch kann man die Irisebene annehmen wie bei den andern Konstruktionen.

setzt, so dass die Hauptebene nicht wie in den andern Zeichnungen der Einfachheit halber angenommen, mit dem Knotenpunkt und der Irisebene zusammenfällt. Die auf die scheinbare Pupille ziehenden Strahlen werden sich nach der Brechung gerade an der Iriskante kreuzen, also die äussersten eindringenden Strahlen sein. Das in diesem Falle überblickbare Gebiet (1 — 1) auf der Netzhaut des Un. wird gleich sein dem Bild der (scheinbaren) Be. Pupille. Es ist kleiner als vorher, da es ja jetzt = dem scharfen, sonst = dem Zerstreuungsbild der Pupille des Be. ist.

Wandert nun das Beleuchtungsfeld weiter (nach 2—2), so wird das Gebiet unter rot 1 noch erleuchtet aber nicht mehr gesehen werden. Ausserdem wird grün 1 bis grün 2 ausfallen — aber es tritt zwischen 1 P und 1 p auf der Be. Netzhaut kein Schatten auf. Der Grund ist sehr einfach, es genügt ja noch die Erleuchtung von rot 1, um den 1. Bildpunkt rot 1 zu erzeugen, von ihm aber muss sowohl nach dem Bildpunkt von p : 1 p, wie von P : 1 P, noch ein Strahl gehen. Ob also zwischen grün 1 und rot 1 der Punkt grün 2 noch erleuchtet ist oder nicht, macht nicht an der Ausdehnung nur an der Intensität der Erleuchtung von 1 P — 1 p etwas aus. Doch gilt dies nur für den Fall, dass Be auf Pupille Un eingestellt ist. Wäre er z. B. zu schwach akkommodiert (wie dies bei Presbyopen praktisch in Betracht kommt), so dass das Bild der Pupille hinter die Netzhaut des Beobachters zu liegen käme (diese etwa in einer Linie läge, die auf dem letzten Punkt der grünen Strich-Punkt Linie senkrecht gezogen wäre), so würde bei Stellung 2 von unten Schatten aufgetreten sein. Daraus geht hervor, dass nur bei Einstellung auf die Pupille des Un. diese Gesetze giltig sind.

Während also bei Myopie die Verschiebung des „Beleuchtungsfeldes“ über das „Gesichtsfeld“ (das ja immer durch 1 — 1 im Unt. gegeben ist) eine Beschattung im Unt. Auge und diese wieder eine solche auf der Netzhaut des Be zur Folge hatte, ist jetzt

beim neutralen Punkt zwar die Schattenwanderung im Unt. Auge in ganz gleicher Weise vorhanden, macht sich aber auf der Be-Netzhaut nicht mehr geltend. Daher sehen wir auch (man vergleiche die Kreise 1, 2, 3 hier 1, 2 bei Myopie, die durch Rot den erleuchteten, durch Schwarz den beschatteten Teil der Unt. Pupille andeuten) nicht mehr allmählich einen Schatten über die Pupille wandern, sondern bei 2 ist trotz Beschattung die ganze Pupille erleuchtet (nur der Ton sollte dunkler sein): erst wenn der letzte Bildpunkt über die Iris hinüberwandert, wird das ganze Pupillargebiet plötzlich schwarz.

c) Hyperopie.

Nun nehme die Konvergenz der austretenden Strahlen noch weiter ab, so dass sie also erst hinter der Pupille des Be zusammentreffen. Dann wird das 2. Bild, das beim neutral. Punkt mit dem 1. zusammenfiel, wieder vor das Be-Auge treten und sich immer weiter entfernen; wenn jenes im hint. Brennpunkt angelangt ist, in unendlicher Entfernung, vor dem Be. oder — was das Gleiche ist — hinter dem Unt. liegen und dann kein reelles 1. Bild mehr zustande kommen, sondern nur ein virtuelles, von dem, je näher es an die Linse des Un. herantritt, d. h. je grösser die Hy des letzteren wird, ein um so näher an die Netzhaut des Be. heranrückendes Bild in dessen Auge entsteht, bis es -- was natürlich praktisch undenkbar ist — in die Linse fiele und daher auf der Netzhaut des Be. als konjugiertes, scharfes Bild erschiene. Da in all diesen Fällen die von der Netzhaut des Un. Auges zur Netzhaut des Be. gehenden Strahlen durch die beiden Linsen nur so stark gebrochen werden, dass erst hinter dem Knotenpunkt der zweiten (Be) ein Bild entsteht, muss dieses zum Beleuchtungsfeld in seiner Bewegung sich verhalten wie vorher das Luftbild.

Näher eingegangen werde hier auf den Fall von Hyperopie. Die von der Netzhaut des hyperopischen Auges — die natürlich bei dem überall

gleich angenommenen Brennpunkt der Augen noch näher an der Linse liegen muss, als bei dem neutralen Punkt — ausgehenden Strahlen divergieren nach dem Austritt, als kämen sie von der hinter dem Auge gelegenen gestrichelt angedeuteten Ebene. Von dem beleuchteten Feld (grün 1 — schwarzer Punkt) wäre bei der gegebenen Stellung wieder 1 — 1 zu übersehen, d. h. die Strecke, welche diesmal durch die gekreuzten Pupillenstrahlen p O, P o in ihrer Verlängerung abgeschnitten wird. Auf der Un. Netzhaut entspräche dieser Partie die durch die Knotenlinie abgeschnittene Strecke 1 — 1, denn offenbar gehen diese Linien ungebrochen weiter, müssen also in ihrer Verlängerung sowohl die einen als die anderen Punkte berühren. Von grün 1 auf der Netzhaut nun würden nach p und P Strahlen gehen, die so gebrochen werden, als kämen sie von grün 1 der hinteren Ebene. Ziehen wir von hier, von grün 1 und rot 1 die Knotenlinien zum Auge des Beobachters, so werden sie sich mit den Pupillenlinien, die nach den Enden des Pupillenbildes ziehen und sowohl dem Beleuchtungsfeld als dem Pupillenfeld des Un. angehören, vor der Netzhaut des Be an der Stelle der schwarzen senkrechten Linie schneiden. Hier also liegt das konjugierte Bild des virtuellen Netzhautortes des Untersuchten. Bewegt sich nun auf der Netzhaut des Un. das Beleuchtungsfeld von 1 — 1 nach 2 — 2, wird also grün 1 — grün 2 beschattet, so wird dementsprechend das virtuelle Bild nach unten sich bewegen resp. die Strecke grün 1 — grün 2 des virtuellen Bildes beschattet. Es wird dann grün 2 der letzte leuchtende Punkt sein. Von ihm gelangen nur 2 ψ und 2 φ ins Auge des Be, gleichzeitig natürlich noch von der ganzen Strecke bis „rot 1“ alle Strahlen, die tiefer als ψ aus der Pupille austreten. In dem konjugierten Bild werden 2 ψ und 2 φ in einem Punkt zusammentreffen, hinter ihm divergieren und infolge dessen wiederum die Möglichkeit gegeben sein, dass ein gewisses Gebiet durch die auseinanderfahrenden Strahlen

noch beleuchtet ist, wenn ein Teil des konjugierten Bildes schon beschattet ist. Die Grenze der Zone wird hier offenbar durch die von O und o nach den entgegengesetzten Pupillenbildenden gezogenen Linien gebildet. Auch hier kann man sich wieder vorstellen, dass die Enden des Bildes von beiden Punkten (O wie o) Strahlen erhalten, die sie mitnehmen und mit denen eine Fläche gefüllt wird, so dass eben erst Schatten auftreten kann, wenn die äussere dieser Linien die genannte Grenze überschritten hat.

In welcher Richtung muss hier der Schatten auftreten? Jedenfalls in der Richtung, wie sich das konjugierte Bild des beleuchteten Netzhautbezirkes nach der Brechung durch die Be-Linse bewegt. Dieses muss sich entgegengesetzt wie das virtuelle Bild der Un. Netzhaut bewegen. Dieses wiederum bewegt sich wie das Beleuchtungsfeld selbst. Also muss auch das konjugierte Bild im Be-Auge und damit der Schatten sich entgegengesetzt bewegen, wie das Beleuchtungsfeld auf der Netzhaut des Untersuchten. **Gesehen** aber wird der Schatten wieder entgegengesetzt, also **gleichgerichtet** mit dem objektiven Schatten auf der Netzhaut des unt. hyperopischen Auges, wie dies die 2 Kreise darstellen. Die Grenze bildet wieder der äusserste vom Punkt 2 noch in die Pupille o O eintretende Strahl (2 ψ) an seinem Schnittpunkt mit der Pupillarebene ψ oder was das Gleiche ist, der Schnittpunkt der Knotenlinie von 2 ψ mit der Pupillarebene p P.

3. Die Phantome für Myopie und Hyperopie und ihre Handhabung im Zusammenhalt mit den Spiegelphantomen.

Sehen wir uns nun noch das Myopie- und Hyperopiephantom an.

Bei beiden sehen wir links das Unt. Auge, rechts das gleichbleibende Be-Auge. Die Knotenpunkte sind wieder feste Drehpunkte. Die helle Fläche im

Unt. Auge stellt den überblickbaren Teil des beleuchteten Feldes und die von ihm durch die Pup. austretenden Strahlen dar. Der Ausschnitt im Be Auge, den Teil desselben, der überhaupt von Strahlen erleuchtet werden kann, die aus der Pup. des Unt. austreten. Er deckt, wie wir eben gezeigt haben, die Strahlen, welche von o O zum II. Bild ziehen, zum Teil ab; diese sind aber an dem darunter sich bewegenden weissen Strahlenkegel, der zum II. Bild zieht, bezw. über dasselbe hinausgeht, ausgezogen, wie wenn dieses frei bestrahlt wäre. Bewegt sich nun das II. Bild nach unten oder oben, so kommen sie allmählich zum Vorschein und wenn ihr Ende innerhalb des Ausschnites vor dem Pupillenbild eintritt, tritt auch hier Schatten ein, der durch den schwarzen Hintergrund angedeutet ist, welcher dann nicht mehr verdeckt ist.

a) Myopie-Phantom.

Die Konstruktion ist genau der Tafel entnommen. Das „Beobachtungsfeld“ = linke Kante der weissen Fläche im Unt. Auge ist gegeben durch die Schnittpunkte der Knotenlinien von den Punkten des Luftbildes, wo dieses von den Verbindungslinien der gleichnamigen Pupillenenden geschnitten wird. Von dem roten Endpunkt geht zum roten Bildpunkt ein Strahlenbündel, ebenso vom grünen zum grünen. Nur die innersten dieser Strahlen gehen in das Auge des Be. treten über Kreuz sowohl durch die Pupillenbildenden, die feststehend sind, als zu den Enden des II. Bildes, das hinter Be. und auf einer Fläche liegt, die um den Knotenpunkt Be. drehbar, mit der Fläche der andern Strahlen im Luftbild beweglich verbunden ist.

Eigentlich sollten wir, wie bei der Tafel, den Teil des Unt. Auges als beleuchtet annehmen, der vom Spiegel thatsächlich erleuchtet ist. Aus praktischen Gründen ist dies nicht geschehen. Die Bewegungsrichtung wäre mit einem Punkt darstellbar; aber wir brauchen nur den Rest der weissen Fläche, der z. B. von den grünen Strahlen nicht ausgefüllt ist, weg zu denken, so haben wir die Verhältnisse wie sie für den grünen Punkt z. B. wären. Wir könnten auch die Partie als Ausgangspunkt nehmen, welche

eben noch genügt, um die Pupille zu erleuchten, dann wäre aber das Verhältnis zwischen wirklich überblicktem Feld und scheinbarer Pupillenerleuchtung gestört gewesen; das II. Bild wäre nämlich nicht in der ihm thatsächlich zukommenden Grösse konstruierbar gewesen, wollte man richtige Verhältnisse erhalten. Ganz ähnlich würde es sich verhalten, wenn wir ein grösseres Feld genommen. Das für richtiges Funktionieren nötige grössere 2. Bild würde Strahlen zu seiner Konstruktion verlangen, die nicht ins Be. Auge eintreten.

Die Grenzen der Partie der untersuchten Netzhaut, welche genügt, um die Pupille erleuchtet erscheinen zu lassen und bis zu deren Grenze der Schatten vorschreiten kann, ohne dass eine Beschattung auf dem Pupillenbild (= Ende des Ausschnittes im Be. Auge) erfolgt, sind bei der gegebenen Anordnung leicht zu finden durch die Stellung des roten resp. grünen Punktes in Unt., wenn man die grünen resp. roten Strahlen von dem Be. Pupillenende, zu dem sie gehen, auf das gegenüberliegenden einstellt und sich die Stelle des grünen resp. roten Punktes im Unt. Auge markirt.

Schliesslich ist durch Zugrundlegung des Beobachtungsfeldes auch die Möglichkeit gegeben, die Nichtbeeinflussung des II. Bildes so lange das Beleuchtungsfeld noch grösser ist, noch richtig nachzuahmen. Nur dürfen wir so lange das „Beleuchtungsfeld“ am Spiegelphantom das „Beobachtungsfeld“ des Refraktionsphantoms überragt, dieses nicht mit bewegen. Dies sei noch etwas genauer beschrieben.

Die Spiegelphantome sind so konstruiert, dass man sie auf die anderen legen kann und dabei überblickt, was im Unt. und (bei Konkavsp.) auch im Be-Auge vorgeht. Wenn wir sie also auflegen und den Spiegel zunächst so stellen, dass das Beleuchtungsfeld das Beobachtungsfeld etwas überragt und wir lassen ersteres sich bewegen, so wird eine Verschiebung des letzten Punktes des Beobachtungsfeldes erst eintreten können vom Augenblick an, wo die Kante jenes über die Kante dieses sich wegschieben würde. Die damit beginnende Beschattung innerhalb des Beobachtungsfeldes hat aber, wie wir nun am Be Auge in dessen Ausschnitt sehen, noch keine Beschattung der Pupille zur Folge. So können wir uns eine Vorstellung davon schaffen, wie das Beleuchtungsfeld, so lange sein Ende nicht das Beobachtungsfeld erreicht, überhaupt keinerlei Einfluss auf die Erleuchtung der Pupille und

einen beschattenden erst beim Eintritt seines Endes in die innere Zone hat.

Legen wir z. B. das Modell des Konkavspiegels auf das für Myopie, so dass das Un. Auge auf beiden sich deckt und bringen wir die beweglichen Teile in Mittelstellung, so überragt der Beleuchtungskegel am linken Ende den andern etwas; wir können also den Spiegel etwas nach oben drehen, dann erst werden die beiden Kanten genau (an der Netzhautfläche) über einander stehen. Bewegen wir nun den Spiegel noch weiter nach oben, dann muss der Beleuchtungskegel den Strahlenkegel mitnehmen. Denn es würde der grüne Punkt ja nicht mehr erleuchtet sein; schieben wir diesen also so weit vor, bis er direkt unter dem oberen Rand des Beleuchtungskegels liegt. Betrachten wir nun die Veränderung im Be-Auge: so bleibt das „Pupillenbild", (d. h. der Ausschnitt) natürlich unverändert. Ausserdem ist aber noch weisse Fläche vor demselben, also wird auch die Pupille Un. noch ganz hell erscheinen.

Drehen wir nun noch etwas weiter (eben bis zur Grenze der inneren Zone), so sehen wir die grüne Strich-Punkt-Linie erscheinen. In dem Augenblick fällt der grüne innere Strahl auf die oberste Stelle der Pupille o O; gleichzeitig fallen aber auch noch vom grünen Punkt kommende Strahlen auf die unterste Stelle (o); daher sehen wir die beiden grünen Linien, die in der Richtung auf den konjugierten grünen Punkt hinter der Netzhaut konvergieren, auf dieser also noch nicht vereinigt sein können. Der rote Strahl ist schon vom ersten Beginn der Drehung aus dem Pupillenbildbezirk verschwunden. Der Rest der hellen Fläche wird von Strahlen erleuchtet, die von Punkten zwischen dem grünen und roten herkommen. Wir können die Grenze zwischen den noch in Betracht kommenden Punkten jederzeit genau angeben, indem wir ein Lineal so legen, dass es die beiden gleichnamigen Pupillenenden berührt; was lateral (unten oder oben) liegt fällt weg.

Drehen wir nun noch weiter das Beleuchtungsfeld nach unten, so sehen wir von oben her den Rand der weissen Fläche in das Gebiet des Pupillenbildes auf der Be-Netzhaut eintreten und damit auch den Schatten.

Die Frage, wo uns dieser in der Pupille des Un. erscheint, ist sehr eintach gelöst: wir legen ein Lineal von dem Netzhaut-Punkt des Be, wo der weisse Rand sich befindet, durch den Knotenpunkt: wo es die Pupille des Be-Auges schneidet, ist die Grenze und natürlich wird der Schatten in der Pupille umgekehrt d. h. unten liegen, wenn er dort von oben kam — oder wir legen das Lineal von dem Endpunkt der Pupille Be, der in der Richtung der Luftbildbewegung liegt, durch den Endpunkt des Luftbildes und wo es die Pupille schneidet, liegt wieder die Grenze zwischen scheinbarem Licht und und Schatten. Gleichzeitig wird durch das Phantom klar, dass dieser Schatten eben nur eine subjektive Erscheinung ist; denn die Unt. Pupille bleibt immer von den austretenden Strahlen erhellt.

Drehen wir noch weiter. so wird das Ende des vom obersten (grünen) Punkt noch zurückkehrenden Strahlenkegels in die Pupille o. O, treten die bisher zwar immer nur einen Teil der Strahlen Eintritt gestattete, aber ganz erleuchtet war. Füllt nun der Strahlenkegel sie nicht mehr ganz aus, dann können auch die Strahlen nicht mehr wie dies im Phantom der Konstruktion halber gelassen ist von beiden Pupillenenden nach dem hinter der Netzhaut gelegene Bild ziehen. Wir dürfen deshalb nur die unmittelbar vor der Netzhaut Be. befindliche weisse Fläche berücksichtigen. In der Pupille dagegen würden die Strahlen allmählich bis zu der grünen Strich-Punkt Linie hinauf wandern, also Schatten über sie selbst ziehen. Im Augenblick, wo dann der letzte Strahl über die schwarze Ecke, die die Pupille darstellt. tritt, würde alles dunkel sein; am Phantom tritt dann kein Strahl mehr auf die Fläche des Pupillenbildes; da diese Stelle allein von Bedeutung für unsere Wahrnehmung ist und die Konstruktion für sie stimmt ist der unvermeidliche Fehler in ihr nicht von Belang.

b) Hyperopie-Phantom.

Legen wir nun in gleicher Weise den Konkavspiegel auf das Hyperopiephantom, so kommt natürlich nur der Beleuchtungskonus vor der Spange in betracht. Das Bild der Netzhaut Un. ist jetzt virtuell und liegt hinter ihr. Es hat einerseits wieder den Knotenpunkt Un., andererseits den des Be als Drehpunkt. Da das Bild aber jetzt nicht zwischen den beiden Drehpunkten liegt, sondern hinter dem des Un., wird die Bewegung der zu dessen Knotenpunkt gehörigen Fläche der anderen eine entgegengesetzte Bewegung jenseits des Knotenpunktes Be. mitteilen. Darnach können wir also schon sagen, dass der Schatten auf der Be-Netzhaut diesmal entgegengesetzt wandern und gleichgerichtet erscheinen wird.

Genauer gestaltet sich nun, wenn wir den Spiegel wieder wie vorher bewegen, der Vorgang wie folgt. Wenn die obere Kante des Spiegellichtkegels die obere Kante des überblickbaren Feldes erreicht, welches diesmal in seinen äussersten Grenzen durch die Rückkonstruktion der Schnittpunkte der gekreuzten Pupillenlinien mit dem virtuellen Bild gegeben ist, wird dasselbe, und ihm entsprechend, das virtuelle Bild nach unten vom Schatten verdrängt. Sobald der grüne Punkt die Grenze des „Gesichtsfeldes" verlässt, wird der konjugierte Punkt vor der Be-Netzhaut seine Bewegung nach oben beginnen, also in seiner Ebene Schatten eintreten, während an dem Pupillenbild auf der Be-Netzhaut, infolge des Auseinanderweichens der von beiden Pupillenenden (o u. O) zu dem unteren Ende des Bildchens zutretenden Strahlen, solange volle Erleuchtung bleiben wird, als die vom obern Pupillende Be (o) zum untern Bildende der Pupille des Un. gezogene Linie von dem Bildende nicht überschritten ist. Denn die unterste Grenze des zu dem untersten Bildpunkt gehörigen Zerstreuungskreises wird ja hier von dem Strahl gebildet, der vom entgegengesetzten Pupillenende herrührt; der betreffende Zerstreu-

ungskreis liegt ja hinter dem Bild. Bewegen wir das Lichtfeld weiter, so brauchen wir nur diesen Strahl von der Stelle, wo er die Netzhaut des Be. schneidet, zurück über das Pupillenende zu dem grünen Punkt des virtuellen Bildes zu verfolgen, um zu sehen, wo die so gegebene Linie die Grenze zwischen Licht und Schatten in der Pupille des Un. bildet, d. h. wir brauchen nur im gegebenen Fall vom obern Pupillenende zum obern Bildende eine gerade Linie durch Auflegen eines Lineals oder einer Schnur herzustellen. Bei My war dies vom oberen Pupillenende zum unteren Bildende der Fall; in beiden Fällen vom oberen Pupillenende, d. h. demjenigen, gegen welches der in beiden Fällen gleichsinnig sich bewegende Kegel der aus dem Un. Auge austretenden Strahlen sich bewegte, weil eben der letzte zutretende Strahl immer an die obere Pupillenkante trifft, wie dies ganz klar wird, wenn man an beiden Phantomen den aus dem Unt. Auge austretenden Kegel so weit nach oben verschiebt, dass seine unterste Kante der Pupillenkante gegenüber zu liegen kommt.

Natürlich tritt dieser letzte Strahl bei My vom obern Ende bei Hy vom untern Ende der Un. Pupille aus an die des Be heran, weil in jenem Fall das Beleuchtungsfeld vor, in letzterem hinter der Unt. Pupille sich verschiebt.

III. Kurze schematische Darstellung des gesamten Strahlenganges.

Im Verlaufe der vorausgegangenen eingehenden Verfolgung des Strahlengangs hat sich die Möglichkeit ergeben, den Ort und die Ausdehnung des in der Pupille des Un. auftretenden Schattens anzugeben, ohne die Vorgänge innerhalb der Augen heranzuziehen. So nötig dies auch für das Verständnis ist, so ist es anderseits doch angenehm, eine kürzere Darstellung zu besitzen. Deshalb sei hier ein Schema gegeben, welches den Gesamtvorgang leicht zu überblicken gestattet und es

ermöglicht, sich auch für die verschiedenen Grade von Hyperopie oder Myopie, sowie für verschiedene Ausdehnung des Beleuchtungsfeldes — das ja nicht immer gerade den ganzen Gesichtsfeldraum ausfüllt, sondern auch in querer oder in querer und senkrechter Richtung kleiner sein kann — mit wenigen Strichen die Sachlage klarzulegen.

Das Schema gilt wieder nur für die Voraussetzung, dass infolge Einstellung des Be. auf die Un. Pupille auf der Netzhaut des Be. ein scharfes Bild derselben entsteht. Nun haben wir gesehen, dass die von dem Beleuchtungsfeld, resp. seinem Bild kommenden Strahlen, auch als von Punkten der Unt. Pupille kommend, betrachtet werden können; dabei entsprechen allerdings Strahlen eines Bildpunktes Flächen der Pupille, und Punkten der Pupille Flächen des Bildes. Jedenfalls aber können wir immer eine genügende Grösse des Bildes uns denken, wobei von diesem Strahlen so ausgehen, dass dieselben von der ganzen Fläche der Pupille p bis P ins Be-Auge eindringen, dann werden sie das Bild der Unt. Pupille auf der Netzhaut des Be. ganz erfüllen. Ferner wissen wir aus Fig. 1, dass zur Erleuchtung der gesamten Fläche eines scharfen Bildes nur ein Punkt der zugehörigen Linse frei durchgängig zu sein braucht. Genauer können wir also sagen, solange von der Gesamtausdehnung von p—P Strahlen auch nur nach einem Punkt von o O ziehen, wird die Unt. Pupille ganz hell erscheinen. Wir können dies darstellen (im Durchschnitt) durch ein Dreieck, das durch die Strahlen von p und P nach einem Punkt von oO gebildet ist. Dessen Erfüllung mit Licht muss an irgend einem ganzen Querschnitt jener Bedingung genügen. Je näher ein solcher Querschnitt dem Auge des Be, umso kleiner ist er. Die Spitze des Dreiecks kann zwischen o und O irgendwo liegen. Diese sind Grenzpunkte. Verschiebt sich das leuchtende Feld nach oben, so wird o, nach unten, so wird O Grenze sein. Würde zwischen den so entstehenden Grenzen des Gesichtsfeldes —

denn nichts anderes ist p o, P O — ein Schatten, z. B. von unten bis zur Linie P o, wandern, würde immer noch der Rest zwischen P o und p o die Unt. Pupille voll erleuchtet lassen. Erst wenn das beleuchtete Feld noch höher wandert, können von ihm nicht mehr, auch von der ganzen Fläche von p P herkommende, Strahlen nach o ziehen; folglich muss auch (man erinnere sich an das bei Fig. 1 Gesagte) eine Verschmälerung des Pupillenbildes des Un. auf der Be-Netzhaut und damit Schatten auf ihr eintreten. Der letzte Strahl der noch von der Unt. Pupille ins Be-Auge tritt, muss, wie dies hier sehr klar wird, immer an der Kante der Be-Pupille eintreten, welche der Bewegungsrichtung der Strahlen zwischen Unt. Pupille und Be Pupille gleichnamig liegt. Und letzter Strahl wird der sein, welcher eben von diesem Pupillenende nach dem „Fusse" des Bildes, wenn ich so sagen darf, gezogen werden kann.

Darnach erhalten wir nun, gleiche Bewegung des Beleuchtungsfeldes, vorausgesetzt, je nach der Lage des Fernpunktes des Unt. zu den beiden Pupillen folgende Regeln (cf. hiezu die Figuren 3, 4 u. 5 am Ende), in denen p P die Pupille des Un., der Pfeil „Beleuchtungsfeld" (links) die beleuchtete Netzhaut des Untersuchten in der den drei dargestellten Brechzuständen entsprechenden Entfernung, und zwar 1—1 den in der zentrierten Ausgangsstellung überblickbaren Teil, 2—2 das gleiche Beleuchtungsfeld in einer weiter nach unten gerückten Stellung, o O die Pupille des Be, der Kreis um sie das stets gleichbleibende Beobachter Auge, R R. die Ebene des Fernpunktes des Un. vorstellen soll:

I. Liegt das Punctum remotum zwischen Un und Be, so bewegt sich das reelle umgekehrte Bild des Beleuchtungsfeldes umgekehrt, wie dieses selbst auf der Netzhaut des Unt. Diese Bewegung wird zum Auftreten von Schatten in der Pup. Un. führen, das in dem Augenblick beginnt, wo das Ende des Bildes R R über die Linie P o tritt. Diese Linie wird gleichsam an dem schwarzen Punkt

vom Bild R R erfasst und um o mitgedreht; wo sie bei irgend einer Stellung (z. B. 2—2) die Pupillarebene p. P. trifft, wird unter ihr Schatten in dieser gesehen werden; ist 2 auf 1 getroffen, so erscheint die ganze Pupille dunkel. Der Schatten tritt also in gleicher Richtung, wie sich das Bild in der Fernpunktsebene (R R) bewegt, also auch entgegengesetzt der Bewegung des Beleuchtungsfeldes auf. (Natürlich wird der Teil zwischen oberer 1 und oberer 2 wohl in der Luft entstehen, nicht aber gesehen werden, da p o der letzte ins Be-Auge eintretende Strahl ist.)

II. Liegt das Punct. remot. hinter der Pupille des Be (= Myopie < als Abstand zwischen o O und p P), so bewegt sich das Bild des Beleuchtungsfeldes in R R entgegengesetzt wie dieses selbst. Die äussersten ins Be Auge von P p eintretenden Strahlen sind aber jetzt die gekreuzten Pupillenlinien p O und P O. Solange nur die Strahlen p O R′, P O bis hinauf zu p o ausfallen, wird kein Schatten auftreten, da ja noch von der ganzen Ausdehnung von p P Strahlen nach o und hinter diesem gekreuzt weiter gehen. Gelangt aber das Ende R des Bildes an die Verlängerung von p o, so wird es wiederum an dem schwarzen Punkt angreifen und p o um o drehen, also z. B. bei Punkt 2 den angegebenen Schatten erzeugen, der jetzt natürlich entsprechend dem Ende der um „o“ sich drehenden Linie auf pP sich nach abwärts, d. h. entgegengesetzt dem Bild RR, und gleichgerichtet wie das Beleuchtungsfeld sich bewegt.

III. Liegt das Punct. remot. hinter der Pupille des Unt. (Hyperopie), so bewegt sich das virtuelle Bild R_1 R im (negativen) Fernpunkt in gleicher Richtung wie das Beleuchtungsfeld und es werden von ihm 1 p O und 1 Po als äusserste Strahlen ins Be-Auge treten. Wandert R_1 bis zur Fortsetzung von p o, dann wird zuerst R_1 p O durch Drehung um o mit p o zusammenfallen; bis dahin

tritt kein Schatten auf, denn noch gehen von P und p Strahlen nach o O; greift aber R_1 am schwarzen Punkt an, dann dreht sich R_1 o um o nach auswärts, von p kann nun auch nach o kein Strahl mehr gehen, folglich überhaupt nicht mehr von der gesamten Ausdehnung der Pupille p P und es muss z. B. für Punkt 2 der angegebene Schatten auftreten, der diesmal gleichgerichtet mit Beleuchtungsfeld und Bild wandert. Zeichnet man sich an beliebiger Stelle innerhalb der Grenzlinien ein kleineres, weiter oben oder unten gelegenes Bild, so kann man in der angegebenen Weise stets die Art und die Ausdehnung des scheinbaren Schattens in der Unt. Pupille finden.

IV. Schema durch Rekonstruktion des Gesamtvorgangs in das untersuchte Auge.

Haben wir eben die Konstruktion zwischen den beiden Augen gemacht, so lässt sich dieselbe auch ins Be Auge verlegen und ins Auge des Unt. Ersteres ist der Fall in den Tafelzeichnungen. Letzteres – die konzentrierteste Darstellung — verlangt, dass der Strahlengang jenseits der Linse des Unt. rückkonstruiert wird auf den Raum zwischen ihr und Unt. Netzhaut. Wir haben für die einzelnen Fälle (Hy, My, N. P.) diese Rekonstruktion schon gemacht, indem wir die Grenze des „Beobachtungsfeldes“ und die der Schatteneintrittszone in das Unt. Auge zurückkonstruierten. Dies lässt sich nun einheitlich für sämtliche Ebenen (-Refraktionszustände) machen. Erinnern wir uns, dass beim Neutr. Punkt das Beobachtungsfeld nicht anderes war als das scharfe Bild der Pupille und dass die Grenzlinien zwischen dieser und der Pupille des Unt. stets die gleichen bleiben, so muss auch jenes Bild immer als gleich bleibend gedacht werden können. Daher muss das Beobachtungsfeld in einer Ebene vor oder hinter dem konj. Bild der Be-Pupille sich zu diesem verhalten, wie sein Zerstreuungsbild, d. h. also wir können die

Grenzen des Beobachtungsfeldes im Unt. Auge finden, indem wir das konjugierte Bildchen der Beobachter Pupille uns konstruiert und zu diesem die gleichnamigen Grenzstrahlen vor ihm, resp. die verlängerten gegennamigen hinter ihm gezogen denken. Wo diese die Netzhautebene resp. eine dieselbe darstellende Linie schneiden, sind die äusseren Grenzen des Beobachtungsfeldes.

Nun handelt es sich nur noch darum die innere Zone, die Schatteneintrittszone zu finden: Diese muss gegeben sein, wenn wir für die vor dem konjugierten Pupillenbild gelegenen Ebenen, diesmal die entgegengesetzten Grenzstrahlen ziehen, für die hinter ihm gelegenen die gleichnamigen verlängern.

Auf diese Weise erhalten wir eine Gesamtkonstruktion innerhalb des Unt. Auges ähnlich wie oben zwischen den Augen, nur dass sie in dem einen Raum alles vereint.

Wollten wir nun z. B. wissen wo und ob der z. B. in der Planspiegel-Figur nach unten bis zur gelben Linie gewanderte Schatten sichtbar wird, so bräuchten wir nur ein beliebiges Pupillenbild (resp. Spiegellochbild) annehmen und die Konstruktion in dem Unt. Auge wie oben angedeutet, ausführen, so würden wir sehen, ob der Schatten innerhalb des Beobachtungsfeldes überhaupt schon angelangt ist, resp. ob er innerhalb der Sichtbarkeitszone liegt.

Statt nun diese Zeichnung in das Unt. Auge hineinzumachen, ist sie auf einem eigenen Blatt (dem beiliegenden schwarzen Blatt) ausgeführt, und zwar für die als nur halb so weit wie bisher vorausgesetzte Pupille des Be (resp. Spiegelloch). Letzteres ist geschehen um die Veränderungen zu zeigen, welche ein solches Engersein der Be Pupille resp. des Spiegelloches bewirkt. (Das gesamte Beobachtungsfeld wird dadurch kleiner, ebenso die Zonen. Besonders aber wird der falsche Schatten in diesem Fall in weit

grösserer Entfernung von Emetropischer Einstellung erst innerhalb des Beobachtungsfeldes resp. der Sichtbarkeitszone aufzutreten beginnen, d. h. also auch nur dann gesehen werden können.)

Dieses Blatt bietet den weiteren Vorzug, dass man es auch auf die Spiegelphantome legen und so sich die Verhältnisse für beliebige Ebenen (Refraktionszustände) vorführen kann, wie sie sich beim Wandern des Schattens innerhalb des Sichtbarkeitsfeldes gestalten (an den Refraktionsphantomen war dies nur für einen bestimmten Refraktionszustand möglich).

Die Anwendung des Blattes ist nun folgendermassen: wir legen es z. B. auf das Unt. Auge in der Planspiegelkonstruktion, so zwar, dass die Pupillenenden der Figur auf dem Blatt genau auf jene der Wandtafelfigur zu liegen kommen. Auf dem Blatt ist nun zu sehen: 1) der Ausschnitt (= der Schattensichtbarkeitszone), 2) der weissgelassene Raum (dieser + Ausschnitt = dem Beobachtungsgebiet im Ganzen), 3) der schwarze Raum bis zur Grenze des Auges; dieser ist das Gebiet, welches der Beobachter niemals sehen kann bei den gegebenen Verhältnissen. An der Stelle des Pupillenbildes treffen sich der vordere und hintere Ausschnitt in einem Punkt. An dieser Stelle ist die Sichtbarkeitszone = Null. Das Beobachtungsfeld nimmt die ganze Breite ein. Der Schatten kann bis zu diesem Punkt gelangen ohne sichtbar zu werden. Daraus geht hervor, dass das Blatt immer so aufgelegt werden muss, dass, wenn der Schatten von oben z. B. kommt, die Spitze des weissgelassenen Feldes nach unten sieht und umgekehrt. Tritt nun Schatten (d. h. das Ende des Spiegellichtkegels im Phantom) in dem Ausschnitt auf, so wird er auch vom Be Auge in der Unt. Pupille gesehen, wandert er im Ausschnitt weiter, so scheint er auch dem Be in ihr weiter zu wandern, schliesslich erscheint die ganze Pupille verdunkelt

wenn er diesen in der betreffenden Ebene ausfüllt. Um zu wissen wo er, bei gegebener Stellung in einer beliebigen Ebene, in der Unt.-Pupille erscheint, brauchen wir nur eine Linie von der Schattengrenze durch den Scheitelpunkt des Ausschnittes zu ziehen und bis zur Pupille des Unt. zu verlängern, so ist die Lage, Ausdehnung und Richtung des Schattens gegeben. Dieser wird gleichsinnig mit dem Beleuchtungsfeld für die vor, entgegengesetzt (infolge der Kreuzung der betreffenden Linie) für die hinter dem Spiegellochbild gelegenen Partieen erfolgen.

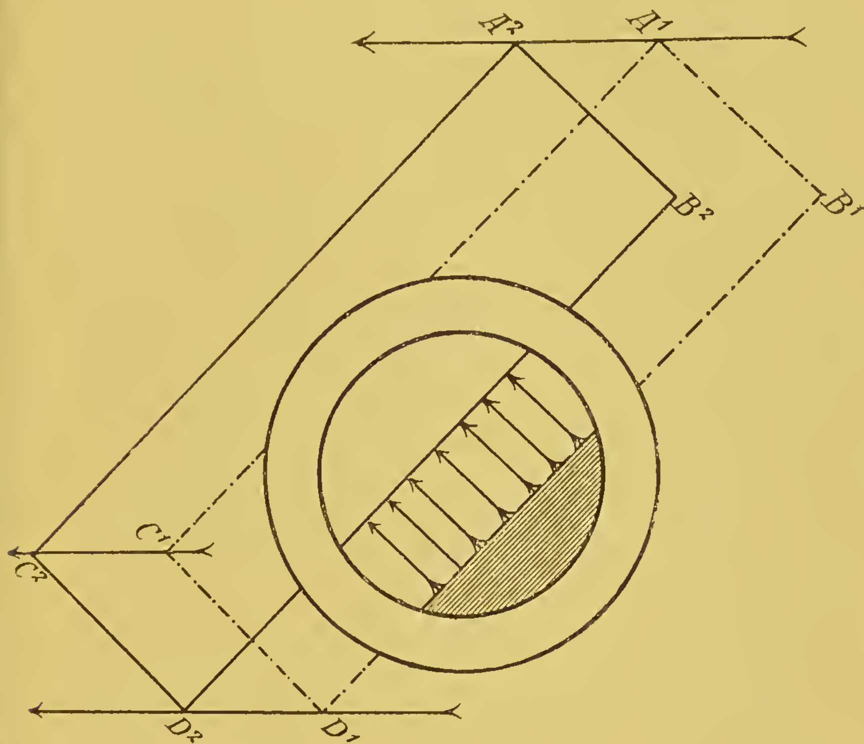
Dass der „wahre Schatten“ um so rascher wandert, je näher das Beleuchtungsfeld an das Bild der Pupille Oo heranrückt, ist dabei sofort erklärlich; muss er doch immer den gleichen Raum p P durchwandern, während er an einer Linie haftet, die dabei immer näher an ihrem Drehpunkt mit fast gleichbleibender Geschwindigkeit gedreht wird. Auch ist klar, dass mit dieser Annäherung die Zerstreuungskreise, welche jedem Punkt des Beleuchtungsfeldes entsprechen, immer mehr wachsen müssen (man denke sich nur von der entgegengesetzten Lochbildkante einen Strahl durch den gleichen Punkt bis zur Pupillenebene gezogen, durch den auch der vom Gipfelpunkt gezogene Strahl geht), da eine immer kleinere Strecke des Beobachtungsfeldes genügt, um die Pupille zu erleuchten. Die Folge ist, dass auch die Erleuchtung um so schwächer und der Schatten um so weniger intensiv erscheinen wird, und die Grenzkontour je mehr die Peripherie des Kreises wächst, um so mehr der geraden Linie sich nähert. Natürlich wird die Grösse und Entfernung des Pupillenbildes Be und der Pupille Un. graduelle Unterschiede bedingen, die wir hier nicht erörtern wollen.

Die Theorie für Astigmatismus.

Nachdem wir so die Verhältnisse betrachtet am Durchschnitt eines sphärischen Auges, bleibt uns noch die Erörterung der Verhältnisse, wie sie sich bei

einem Auge gestalten, das in zwei aufeinander senkrechten Meridianen verschiedene Brechkraft hat. Diese Eigenschaft wird auf die Form des Beleuchtungsfeldes Einfluss haben; wo sonst ein rundes entstand, wird ein rundes nur wieder entstehen, falls die Netzhaut etwa gleichweit vor dem einen wie hinter dem anderen der beiden Flammenbilder liegt; für gewöhnlich wird ein mehr wieder langgestrecktes Beleuchtungsfeld zustande kommen, dessen Längsaxe (für annähernd runde Lichtquelle) immer parallel dem Meridian ist, in dem das Un. Auge für die betreffende Lichtquelle am wenigsten genau eingestellt ist, also bei geneigten Meridianen auch geneigt verlaufen. Die Bewegung des Beleuchtungsfeldes dagegen wird, da von der Refraktion unabhängig, in gleicher Weise wie sonst, d. h. für Planspiegel gleichsinnig für Konkavspiegel entgegengesetzt verlaufen. Wie wir diese Bewegung sehen, hängt von der Lage des Bildes des betreffenden Meridians ab. Sind wir gerade im ferneren Punktum remotum mit unserem Spiegel, dann werden wir bei Drehung desselben in der Richtung des zugehörigen Meridians keine Bewegung sehen, wohl aber, wenn wir in einer darauf senkrechten Richtung drehen: denn in dieser ist das Un. Auge relativ kurzsichtig, und infolge dessen gegensätzliche Bewegung zum Beleuchtungsfeld vorhanden. Wird der Spiegel in einer Zwischenrichtung gedreht oder ist das Beleuchtungsfeld infolge schräger Hauptmeridiane schräg, so wird doch scheinbar immer das Licht parallel den Hauptmeridianen wandern; liegt z. B. dieser bandförmige Lichtstreifen von oben innen nach unten aussen und man dreht den Spiegel von rechts nach links und umgekehrt, so wandert der Streifen scheinbar doch schräg auf und ab (von unten aussen nach oben innen und umgekehrt, d. h. senkrecht zu seiner eigenen Richtung). Dies erklärt sich so: das Beleuchtungsfeld — im gegebenen Fall etwa ein Parallelogramm — verschiebt sich im ganzen von rechts nach links (man durchleuchte eine Linsenkombination

einer sphärischen und Cylinderlinse). Sehen wir aber eine solche Bewegung durch eine runde Oeffnung, dann erscheint sie uns senkrecht zur sichtbaren schrägen Kante des Parallelogramms zu erfolgen (man ver-



anschaulicht sich dies sehr einfach, indem man ein Buch schräg hält und durch eine Blende dessen Kante betrachtet, während man es senkrecht auf und ab bewegt).

In der obenstehenden Figur z. B. verschiebt sich innerhalb des kleineren Kreises, der die Pupille andeuten soll, die Linie B^1 D^1 scheinbar in der Richtung der kleinen Pfeile, obwohl das Parallelogramm A^1 B^1 C^1 D^1 im Ganzen sich von rechts nach links (Richtung der grossen Pfeile) verschiebt.

C. Die praktische Ausführung der Skiaskopie.

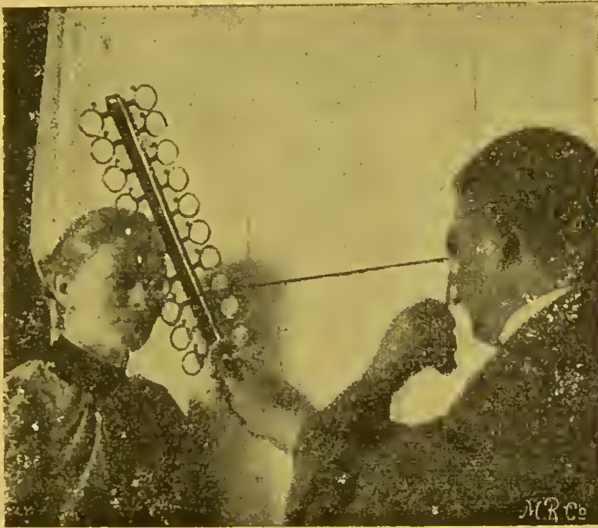
Wie aus den obigen theoretischen Erörterungen hervorgeht, kann man durch Drehen des Augenspiegels, während man mit ihm die Pupille eines Auges erleuchtet, sofort erkennen, ob dasselbe stärker myopisch ist, als dem Abstand zwischen Auge des Beobachters und des Untersuchten entspricht oder weniger myopisch. Aber wir können auch angeben, wann der Fernpunkt des Unt. Auges genau auf den Spiegel resp. unsere Pupille trifft; in dem Augenblick ist ja keine Schattenrichtung zu erkennen und da es in unserer Macht liegt, durch Vorsetzen von + oder — Gläsern den Fernpunkt jedes Auges in eine bestimmte Entfernung zu verlegen, so ist durch die Vereinigung beider Momente die Möglichkeit gegeben, die Refraktion zu bestimmen. Man kann auch durch Annähern und Entfernen sein Auge in den Fernpunkt des Unt. bringen, doch wird die Bestimmung auf konstante Distanz der Letzteren, auf labile Distanz, von den meisten Autoren vorgezogen, da bei ihr die Akkomodation des Unt. viel weniger angeregt wird, der Beobachter leichter die Einstellung auf die Pup. Unt. festhält und eine doppelte Berechnung, aus Entfernung und Glas, für jeden einzelnen Fall wegfällt.

Die praktische Anwendung gestaltet sich nun so: Man setzt sich dem P. in etwa $^1/_2$ m Entfernung gegenüber wie zum Augenspiegeln und wirft mittels irgend eines Augenspiegels*) Licht auf die untersuchte Pupille. Dreht man denselben, so sieht man sofort aus den Schattenbewegungen, ob stärkere Myopie oder Hyperopie vorliegt. Nun handelt es sich, diese mittels Gläsern so zu korrigieren, dass der Fernpunkt entweder weiter von vorn oder von hinten her an die Pupille des Be (oder das Spiegelloch) heranrückt. Zu dem Zweck bewege ich in einem Halter

---

*) Beim Planspiegel bringe man die Lichtquelle recht nahe an ihn heran, beim Konkavspiegel weit weg.

wie aus der beigefügten Figur ersichtlich, entweder + oder — Gläser vor dem betreffenden Auge auf und ab. Dabei drehe ich den Spiegel immer z. B. von rechts nach links, während ein Glas sich vor dem Auge befindet, bis der Schatten, der z. B. zuerst auch



von rechts nach links ging, umgekehrt, d. h. von links nach rechts geht. In diesem Fall ist der Fernpunkt des Unt. schon auf die entgegengesetzte Seite meiner Pupille getreten. Ich gehe also zurück mit den Gläsern und suche dasjenige aus, bei dem die Pupille am dunkelsten*) erscheint und die Richtung der Licht- und Schattenbewegung aufhört, kenntlich zu sein. Dieser Punkt ist nicht ganz leicht zu bestimmen und kleine Fehlerquellen laufen dabei immer unter; wie aber die Erfahrung zeigt, vermindern sie sich bei Uebung rasch und die Resultate sind recht genaue. Um die Entfernung konstant zu

---

*) Wäre das Un. Auge aplanatisch, so würde diese Bestimmung allein genügen; denn bei einem solchen treffen in diesem Augenblick, wo ja das Gesichtsfeld = Bild der Pup. des Be auf dessen Netzhaut, überhaupt keine Strahlen innerhalb desselben auf.

erhalten, ist an dem Halter ein gleitendes $^1/_2$ m Band angebracht.

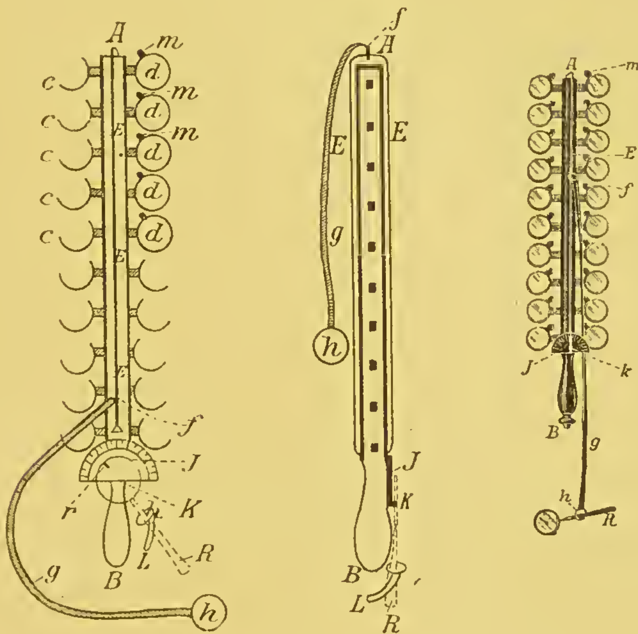
Haben wir nun z. B. gefunden, dass bei dieser Entfernung ein Glas von + 5 D nötig war, um zu jenem neutralen Punkt zu kommen, so haben wir hiemit das Unt. Auge auf eine Einstellung von $^1/_2$ m=My von 2 D gebracht. Für unendliche Entfernung, für die ja die Bezeichnung der Refraktion eingeführt ist, müssten also diese 2 D, um die wir zu stark korrigiert haben, abgezogen werden; wir hätten also eine Refraktion von + 5 + (—2) = + 3 D. Hätten wir ein Glas — 5 D nötig gehabt, so wäre damit das Unt. Auge nur auf 50 cm statt unendlich korrigiert gewesen, also um 2 D zu schwach, in Wirklichkeit wären es — 5 + (— 2) = — 7 D, d. h. für $^1/_2$ m Entfernung muss zu dem gefundenen Glas stets (— 2) addiert werden.

Es ist gut, bei dem neutralen Punkt nun auch noch den Spiegel senkrecht zur ersten Richtung zu drehen, dabei wird sich ein etwaiger übersehener As. bemerkbar machen, indem in dieser Richtung noch eine Schattenbewegung sichtbar sein wird, die man dann durch entsprechende Gläser neutralisiert. Schon von vornherein kann man das Vorhandensein von Astigmatismus an der ungleich raschen oder gar entgegengesetzten Schattenrichtung beim Drehen des Spiegels in zwei aufeinander senkrechten Axen erkennen. Dabei wird man nach einander die beiden Meridiane corrigieren, z. B. im einen +5, im andern +7 finden, d. h.: As von 2 D: in einer Richtung + 3 D, in der andern + 5 D wirkliche Refraction.

Bei Astigmatismus mit schrägen Axen wird sich die oben geschilderte Erscheinung des schrägen Schattenwandels einstellen. Man muss dann den Spiegelstiel so um das Loch als Axe heben, dass er parallel mit dem einen, senkrecht auf dem andern Meridian steht. Dreht man nun um die so gewonnenen Axen, dann erhält man Verschiebungen des Beleuchtungsfeldes wie beim Astigmatismus mit senk-

recht-wagrechten Meridianen, d. h. so, dass das Licht auf dem Gesicht des Unt. parallel zu den Meridianen sich bewegt.

Man sucht dann wieder für beide den neutralen Punkt. Wenn man sich die Neigung des Spiegelstiels zur Horizontalen oder Vertikalen fixiert, weiss



man auch die Neigung der Meridiane. Um dies zu ermöglichen, ist an dem Halter über dem Handgriff eine Halbkreisscheibe J angebracht, auf deren Centrum K man das Loch des Spiegels legt; eine in der Verlängerung des Stiels angebrachte Marke deutet dann auf der Kreiseinteilung den Neigungsgrad an, wenn man den Spiegel in seiner schrägen Stellung (R K r) auf den senkrecht gehaltenen Halter auflegt.*)

---

*) Alles Nähere cf. Münch. med. Wochenschr. 1899. Nr. 3 Der Halter ist bei E. Sydow, Berlin NW. zu haben.

Noch lassen sich eine Reihe von Beobachtungen beim Skiaskopieren machen die über Unterschiede der Refraktion an verschiedenen Stellen des Augenhintergrundes, der Peripherie und des Centrums der Pupille über unregelmässige Krümmungen der Hornhaut und der Linse Aufschluss geben. Doch kann hier nicht näher darauf eingegangen werden. Nur darauf sei hingewiesen, dass man auch bei unregelmässigem Astigmatismus, bei Hornhautflecken oft wertvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung der Refraktion und zur Ermittelung verbessernder Gläser erhalten kann, wenn es auch natürlich kaum möglich ist, hiebei die genaue Refraktion zu bestimmen.

Litteraturverzeichnis.

Da in der 2. Auflage von „Helmholtz: Handbuch der physiologischen Optik" 1896 sich ein ausführliches Litteraturverzeichnis bis 1894 auf p. 1135—1138 findet, so seien hier nur die weiteren Arbeiten vom Jahre 1895 an gegeben.

1895.

Antonelli: I fenomeni schiascopici e la miopia acquisita Annali di Ottalm. XXIV 37 u. Rec. d'ophth. 513.

Bardelli: La skiascopie. Ann. d'Occulist. CXIV. 401.

Biat: De la keratoscopie. Essai de perfectionnement et de synthèse. Thèse de Lyon.

Constantin E.: Cadran optométrique pour la keratoscopie de Cuignet. XI Congresso medico internation. Roma VI p. 95.

Guaita: Dimostrazione sperimentale dei fenomeni della schiascopia. Atti dell' XI Congr. Med. Internat. Roma. XV. 84 u. 239.

Hori: Demonstration eines Skiaskopes. 24. Vers. d. ophth. Ges. Heidelberg 239.

Jackson E.: Skiascopy and its practical Application to the study of Refraction. Edwards & Docker Co. Philadelphia.

Katz R.: Noch einige Worte über die Skiaskopie. (Eschö neskulko slow skiaskopij) Wratsch XVI. p. 869 u. 903.

Maffi de Lastcki: De la valeur du procédé de Cuignet dans le diagnostic des amétropies schez les enfants. Thèse de Paris.

Schimanowsky A.: Ueber Skiaskopie (O skiaskopij) Westnik-ophth. XII. 1, 121, 243 u. 590.

Segal: Ueber einige objektive Methoden der Refraktionsbestimmung — Skiaskopie, Vasoskopie. das Verfahren von Schmidt-Rimpler und das von Fick. (O nekatorich objektionich etc.) Westnik-ophth. XII. 1 p. 28.

Thorington J.: Some remarks on skiascopy. Ann. of Ophth. and Otol. St. Louis p. 5.

1896.

Antonelli: Aberroscopie objective moyennant la skiascopie. Clin. Ophth. p. 812.

Lucciola e Magnani. La schiascopia. Giorn. medico del R. exercito XLIV. Nr. 10 p. 869.

Denig: Demonstration eines Skiaskops. 25. Vers. d. ophth. Ges. Heidelberg.

Jackson: The mirror for skiascopy. Amer. Journ. of Ophth. 101.

Jakowlew: Zur Frage der Anwendung der Skiaskopie bei der Aufnahme der Rekruten. Wojenno-Medizinsky-Journ. 78 p. 795.

Jennings; An improved skiascope. Amer. Journ. of Ophth. p. 326.

Scher: Einiges über die Skiaskopie in der Militär-Praxis. Westnik ophth. XIII. p. 219.

Wolff: Skiaskop mit selbständigem Spiegelapparat, neueste Konstruktion. — Ber. 25. Vers. d. ophth. Ges. Heidelberg.

Würdemann: Skiascopy in the determination of the ocular refraction. Intern. Clin. Vol. I. Series 6.

1897.

Freyer: A new lamp for skiascopy. Amer. Journ. of Ophth. p. 106.

Jackson: Auto-Skiascopy. Ophth. Review. 227.

Katz: Skiaskopische Beobachtungen in der Schule (Skiaskopischeskia nablüdenia wschkole) Wratsch XVIII 459.

Laurenty: Beitrag zur Theorie der Bewegung skiaskopischer Schatten (K teorii dwishenia skiaskopitscheshich tenej). Westnik ophth. XIV. 1. p. 29.

Neustätter: Ein „Leiter-Skiaskop" mit Verwendung der Brillenkastengläser und einer Scheibe zur Bestimmung des Astigmatismusmeridians. 26. Vers. der ophth. Ges. Heidelberg. p. 267. Auch „Treatment." Vol. III. Nr 8 p. 237—239.

Petella: Sulla schiascopia. Annali di Medic. navale. A. III. Fasc. 3. p. 265.

Sgrosso: Guida pratica per la determinazione della refrazione oculare mediante la schiascopia. Napoli. V. Pasquale.

1898.

Antonelli: La sorgente luminosa a forma di quadrato per la schiascopia. Arch. di Ottalm. VI. 118. Auch Rec. d'opth. 456.

Arens: Quelques considerations sur l'emploi de la skiascopie. Arch. méd. Belges, Juin.

Van den Bergh: Théorie de la skiascopie. Annal. d'Oculist. CXX p. 40. (Soc. belge d'ophth. 30/IV.)

Charzew E.: Vergleichende Bestimmung der Refraktion durch Skiaskopie vor und nach Atropinisation. Wojenno. Med. Journ. 76. Dez.

De Falco: Nuova teoria dell' ombra nella schiascopia. Ann. di Ottalm. XXVII p. 129.

Froidebise: Emploi de la skiascopie dans l'examen des miliciens. Arch. med. Belg. Avril.

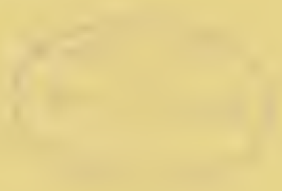
Ellet: An auxiliary skiascope. Ophth. Review. Nov.

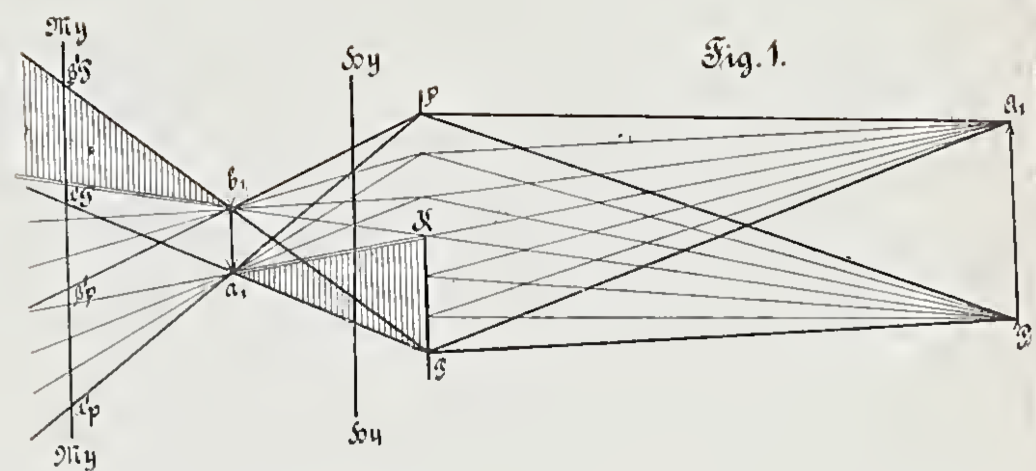
Jelly: An improved retinoscope. Lancet 12. Febr.

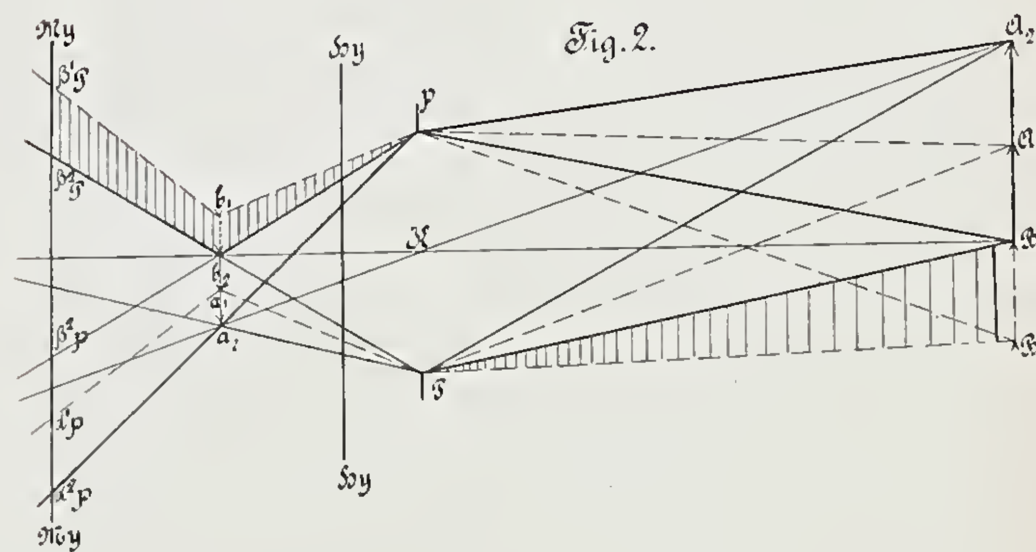
Koch J. D.: De schaduwproef (polemiek) Tydschr. v. Geneesk. I. 24. 25. u. II. 17.
Laurenty: Die Theorie der Skiaskopie. Wien. med. Presse 37.
— Beitrag zur Theorie und Praxis der Skiaskopie. (Kwoprosu etc.) Woj. Med. J. 76. Febr.
— Theorie der Skiaskopie. Westnik ophth. XV. 2. p. 208—214 u. 4. 5. p. 465.
Miller V.: Cases of myopia in which the subjective test and estimation by retinoscopy showed considerable differences in the amount of the error of refraction. Brit. med. Journ. 489.
Murphy H.: Some points in retinoscopy. Opth.-Record. p. 4.
Plaats J. D. v. d.: Over den oogspiegel en den schaduwproef van Cuignet. Tydschr. v. Veeartsenykunde en Veeteelt.
— De schaduwproef (polemiek). Tydschr. van Geneesk. II. 17.
Sgrosso: Armamentario semplificato per la refrattometria objettiva. Arch. di Ottalm. V. 7. p. 247.
Wetjamowitsch: Ueber Vereinfachung des Verfahrens der skiaskopischen Refraktionsbestimmung (Ob uproschenii etc.) Woj. Med. Journ. 76. Aug.
Würdemann: The relation of the objektive methods for ascertaining the ocular refraction. Ophth. Record VI. 11.

1899.

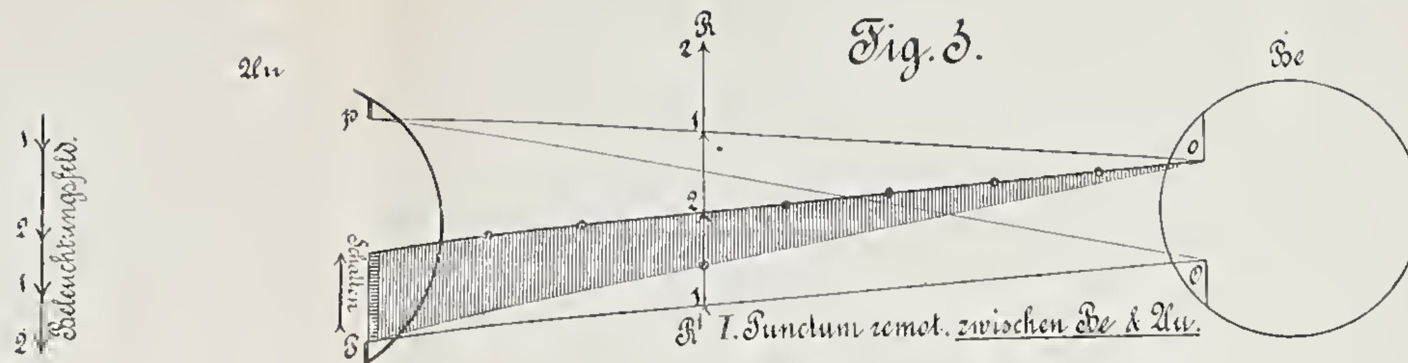
Demidowitsch: Theorie und Praxis der Skiaskopie. Woj. med. Journ. 6.
Jackson: The distance between surgeon and patient for acurate skiascopy Ophth. Rec. VII. 12. p. 595.
Jennings J. Ellis.: Skiascope, 1899 model. Amer. Journ. of Ophth. XVI. 79.
Murphy F. C.: A new skiascope. Amer. Journ. of Ophth. XVI. 86.
Neustätter: Ueber die erleichterte objektive Refraktionsbestimmung mittels der Skiaskopie und deren praktische Ausführung mittels eines verbesserten Skiaskopes unter Verwertung der gewöhnlichen Brillenkastengläser. Münch. med. Wochenschrift No. 3. Ref. in d. Zeitschr f. Krankenpfl. u. ärztl. Polyt. u. Ill. Rundschau d. mediz.-chir. Techn. II. 3. p. 271.
Neustätter: Die Schatten (wahrer und falscher) beim Skiaskopieren. 9. intern. ophth. Congr. Utrecht.
Thorington J.: Retinoscopy and the determination of refraction at on meter distance. 3. edit. London Kimptons.

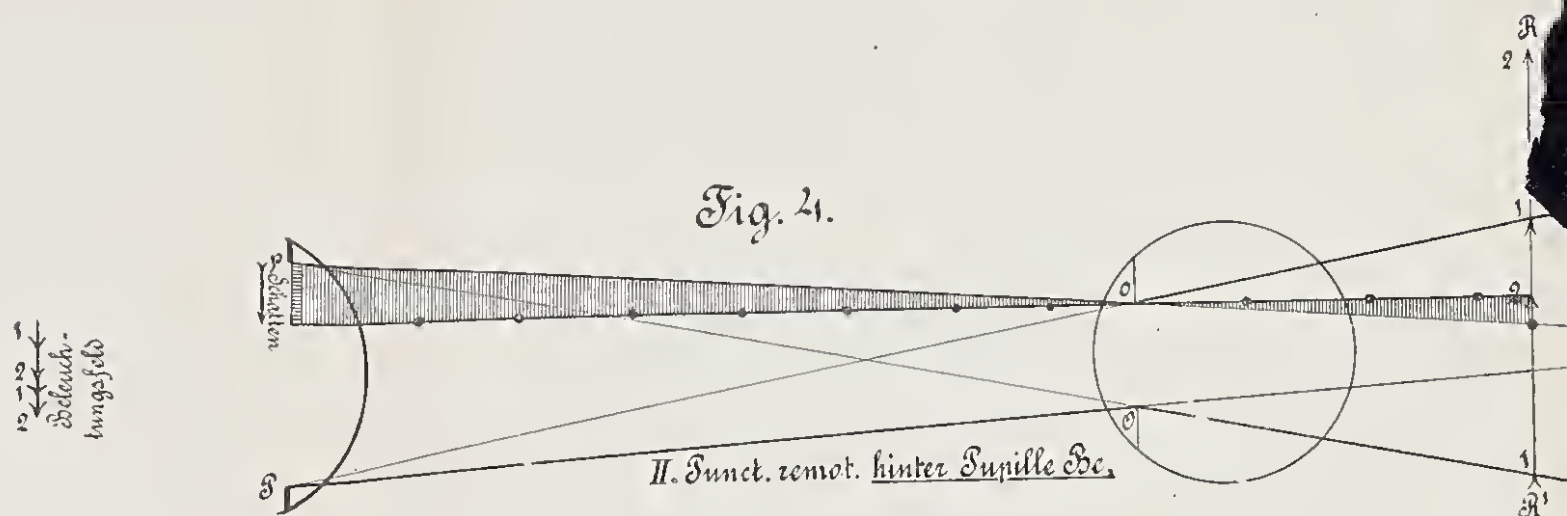


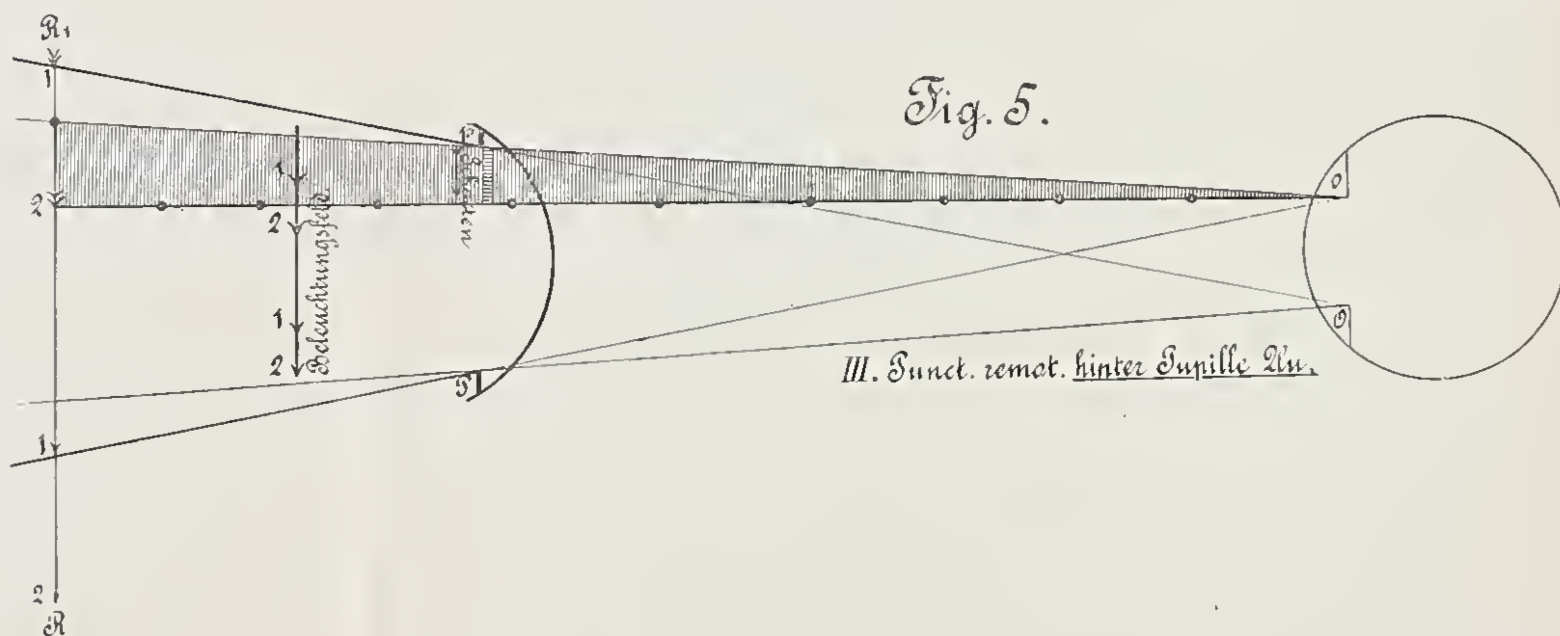

Fig. 1.


Fig. 2.




Fig. 3.
Au
Be
R
R'
Schatten
Beleuchtungsfeld
I. Punctum remot. zwischen Be & Au.


Fig. 4.
R
R'
Schatten
Beleuchtungsfeld
II. Punct. remot. hinter Pupille Be.


Fig. 5.
R
Beleuchtungsfeld
Schatten
III. Punct. remot. hinter Pupille Au.

